

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Д. Гомеля

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»**

**на тему: «Використання целюлозовмісної сировини для отримання  
волокнистих напівфабрикатів»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЛЦ-61м

Мітько Анна Валентинівна \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, к.т.н, доцент,

Черьопкіна Романія Іванівна \_\_\_\_\_

Консультант з математичного моделювання:

Доцент, к.т.н., старший науковий співробітник,

Плосконос Віктор Григорович \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студентка Мітько А. В.

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою  
Спеціальність (спеціалізація) – 8.05130110 Хімічні технології та інженерія  
(Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Д. Гомеля

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Мітько Анни Валентинівни**

1. Тема дисертації «Використання целюлозовмісної сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів», науковий керівник дисертації Черьопкіна Романія Іванівна, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «21» 03 2018 р. № 979 – с
2. Термін подання студентом дисертації 16.05.2018 р
3. Об'єкт дослідження: напівфабрикати отримані із стержнів кукурудзи та стружки бурякового жому за різних режимів мацерації та варіння.
4. Предмет дослідження: стержні кукурудзи, буряковий жом, технологічні режими лужного варіння
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: вивчити хімічний склад стержнів кукурудзи та бурякового жому; провести мацерацію та варіння; дослідити вплив основних технологічних параметрів (мацерації та варіння) на процес одержання волокнистих напівфабрикатів та їх показники якості; визначити оптимальні параметри одержання волокнистих напівфабрикатів з використанням методів математичного планування експерименту та методів оптимізації; дослідити паперотворні властивості отриманих напівфабрикатів; обґрунтувати доречність використання отриманих напівфабрикатів у виробництві обгорткового паперу та пакувального паперу для текстильних матеріалів.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: хімічний склад стержнів кукурудзи та бурякового жому; фізико – механічні показники волокнистих напівфабрикатів із стержнів кукурудзи та бурякового жому;

показники міцності обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів; результати математичної обробки.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

Збірник тез доповідей XIII міжнародної науково – практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» Целюлозовмісна сировина

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Математичного оброблення результатів	доц., к. т. н. Плосконос В. Г.	27.04.18	

9. Дата видачі завдання 12 лютого 2018 року \_\_\_\_\_ -

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Вибір теми магістерської дисертації (з науковим керівником) та затвердження її на засіданні кафедри	12.03 – 14.03	
2	Розроблення змісту (плану) магістерської дисертації	14.03 – 19.03	
3	Літературний огляд за темою дослідження та аналіз	19.03 – 21.03	
4	Обґрунтування методики проведення досліджень	22.03 – 23.03	
5	Підготовка експериментальної частини та погодження його змісту з науковим керівником	24.03 – 14.04	
6	Оформлення ілюстративного матеріалу	15.04 – 21.04	
7	Розроблення розділу стартап	29.04 – 04.05	
8	Оформлення магістерської дисертації та подача науковому керівнику	05.05 – 18.05	

Студент

А. В. Мітько

Науковий керівник дисертації

Р. І. Черьопкіна

## ЗМІСТ

### ВСТУП

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	6
1.1 Відходи цукрового виробництва та характеристика сировини для отримання напівфабрикатів з бурякового жому.....	11
1.3 Виробництво бурякового пектину .....	13
1.4 Отримання мікрокристалічної целюлози із жому цукрового буряка та її властивості.....	15
1.5 Відходи переробки стержнів кукурудзи як вторинний сировинний ресурс.....	17
1.6 Перспективи використання відходів переробки кукурудзи як матеріалу для одержання активованого вугілля для суперконденаторів.....	18
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	20
2.1 Проведення процесу мацерації та варіння ВНФ.....	21
2.2 Аналіз відпрацьованих щолоків.....	26
2.3 Визначення вмісту змулених речовин та сухого залишку в підсіткових водах.....	27
2.4 Проведення розмелювання бурякового жому та стержнів кукурудзи.....	28
2.5 Дослідження фізико–механічних показників лабораторних зразків ВНФ.....	28
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	29
3.1 Визначення якісної характеристики волокнистих напівфабрикатів.....	34
3.2 Вміст залишкового лігніну та вихід сировини, залежно від тривалості варіння.....	35
3.3 Аналіз щолоків.....	36
3.4 Порівняльна характеристика показників якості ВНФ з бурякового жому за різного способу розмелювання.....	41
3.5 Порівняльна характеристика показників якості ВНФ зі стержнів кукурудзи за тривалості мацерації 30, 60 та 90 хв.....	45

3.6 Порівняльна характеристика показників якості ВНФ стержнів кукурудзи за різної тривалості мацерації та варіння .....	51
3.7 Порівняльна характеристика показників якості ВНФ з бурякового жому за різної тривалості мацерації 30, 60 та 90 хв.....	54
3.8 Порівняльна характеристика показників якості ВНФ з бурякового жому за різної тривалості мацерації та варіння.....	55
3.9 Отримання зразків обгорткового паперу з використанням ВНФ із стержнів кукурудзи та бурякового жому.....	58
3.10 Папір для пакування текстильних матеріалів та виробів.....	59
3.11 Визначення вмісту змулених речовин та сухого залишку у підсіткових водах.....	60
4 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ТА ДОСЯГНЕННЯ НОРМАТИВНИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ОБГОРТКОВОГО ПАПЕРУ .....	62
5 СТАРТАП - ПРОЕКТ.....	78
6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	88
ВИСНОВКИ.....	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	99
ДОДАТКИ	

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 110 стор., 10 рис., 14 табл., 55 першоджерела, 6 додатків

**Актуальність теми:** розширення сировинної бази ЦПП за рахунок використання альтернативних видів сировини, в першу чергу однорічних рослин, які в Україні вирощуються на великих площах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами** представниками асоціації українських підприємств целюлозно-паперової галузі “Укрпапір” та фінською компанією “JaakkoPouge” з метою внесення пропозицій в стратегічну програму розвитку ЦПП України на період до 2020 р.

**Мета і задачі дослідження:** отримання волокнистих напівфабрикатів із стержнів кукурудзи та бурякового жому, а також пошук ефективного їх використання для виробництва обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів.

**Об'єкт дослідження:** напівфабрикати отримані із однорічних рослин.

**Предмет дослідження:** стержні кукурудзи та буряковий жом, технологічні режими лужного варіння.

**Методи дослідження:** для приготування варильних розчинів використовували стандартні методики.

Для визначення якості целюлози та паперу використовували хімічні, фізико-хімічні та фізико-механічні стандартні методи. Вихід целюлози визначали гравіметричним методом.

Для отримання математичної залежності результатів варіння від основних технологічних факторів використовували метод математичного моделювання.

**Наукова новизна одержаних результатів:** розроблено та запатентовано спосіб обробки рослинної сировини, отримання ВНФ із стержнів кукурудзи та бурякового жому лужним способом варіння з гарячим розмелюванням. Встановлено вплив витрат активного лугу, температури, тривалості варіння

на процес делігніфікації відходів сільського господарства. Вивчено паперотворні властивості. Експериментально показано доцільність використання напівфабрикатів одержаних із однорічних рослин для виготовлення обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів .

**Практичне значення одержаних результатів:** дослідження дають можливість впроваджувати у виробництво необґрунтовано забуті, але актуальні у наш час програми розвитку сировинної бази ЦПП в Україні за рахунок швидкої відновлюваності і отримання із неї целюлози запропонованими способами.

Розроблено і науково-обґрунтовано режими одержання волокнистих напівфабрикатів із однорічних рослин лужним способом, який може бути використаний для виготовлення обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів .

**Публікації:** за темою отримано 1 патент на корисну модель України та 1 тези

СТЕРЖНІ КУКУРУДЗИ, БУРЯКОВИЙ ЖОМ, МАЦЕРАЦІЯ, ЛУЖНЕ  
ВАРІННЯ, ГАРЯЧЕ РОЗМЕЛЮВАННЯ, НАПІВЦЕЛЮЛОЗА,  
МАКУЛАТУРА, ПАПІР ДЛЯ ПАКУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ,  
ОБГОРТКОВИЙ ПАПІР



## ABSTRACT

Master's thesis: 110 p., 10 fig., 14 tab., 55 source, 8 application

**Actuality:** expanding the resource base CPU by using alternative raw materials, especially annual plants, which in Ukraine are grown in large areas.

**Relationship with academic programs, plans, themes:** representatives of the Association of Ukrainian pulp and paper industry "UkrPapir" and Finnish company "JaakkoPoyry" with a view to making proposals in the strategic development program of PPI Ukraine till 2020.

**The purpose and objectives of the study:** getting products from fibrous stems of rapeseed and soybeans, as well as search for effective use for the production of paper.

**Object of study:** semi annual plants obtained from soda-soda method delihnifikat.

**Subject of research:** stem canola and soybean, technological modes soda, soda cooking.

**Methods:** cooking preparation solutions using standard methods. The process of cooking performed in autoclaves Acid, Glycerine are loaded in the bath.

To determine the quality of pulp and paper using chemical, physical-chemical, physical and mechanical standard methods. Exit cellulose was determined by gravimetric method.

For mathematical relationships cooking results from major technological factors, the method of mathematical modeling.

Scientific novelty of the results, developed and patented a method of processing plant material to obtain VNF stems from soybean and canola soda-soda method of cooking with hot grinding. The influence of spending active alkali, temperature, duration of cooking and catalyst to process waste delihnifikatsiyi agriculture. Paperotvorni studied properties. Experimentally shown the feasibility of using semi derived from annual plants for producing paper for corrugating.

**The practical significance of the results:** the study make it possible to implement in production unjustifiably neglected but urgent in our time program of CPU resource base in Ukraine by vidnovlyuvanosti fast and getting it to pulp the proposed method.

Developed and scientifically grounded mode of obtaining fibrous semifinished annuals soda-soda method that can be used to manufacture paper for corrugating.

**Publications:** 1 by topic received a patent for utility model Ukraine.

STALKS, STEMS SOYBEANS, SODA, COOKING SODA, ACTIVE  
ALKALI, HOT GRANDING, SEMICHEMICAL, STRAW WEIGHT,  
WRAPPING PAPER

## ВСТУП

На сьогоднішній невід’ємною частиною стійкого економічного і соціального розвитку України є забезпечення доцільної утилізації сільськогосподарських відходів з метою отримання цінних продуктів. На території України є практично необмежена сировинна база, у зв’язку з великою кількістю підприємств, які займаються харчовою промисловістю. З усіх галузей харчової промисловості найбільшу масу відходів отримують під час переробки кукурудзи та в цукровому виробництві. Сучасні методи наукових досліджень дозволяють розширити спектр використання побічних продуктів переробки з метою раціоналізації виробництва [1].

Аналіз науково–технічної інформації демонструє, що в наш час в деяких країнах Європи буряковий жом та стержні кукурудзи слугують паливом, в США – сировиною для виробництва целюлозного етанолу. В інших країнах відходи цукрового виробництва використовують в якості фермерських кормів для тварин [2]. Однак в більшості країн, зокрема в Україні, вчені не знаходять доцільної області використання цієї сировини і залишки її на полях призводять до серйозної екологічної проблеми. В основному це пояснюється неефективністю економічних механізмів та відсутністю єдиної бази даних за методами використання рослинних відходів сільського господарства [3].

Доведено, що хімічний склад бурякового жому та стержнів кукурудзи дають можливість використання у виробництві волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) з метою отримання таких видів паперу, як паперу для пакування текстильних матеріалів або обгорткового паперу.

Буряковий жом використовують для отримання харчових волокон. Відомо, що харчові волокна відіграють важливу роль в харчуванні людини і профілактиці ряду захворювань. Але використання цієї

сировини не обмежене лише цими напрямками виробництва. В даній роботі розглянуто способи переробки бурякового жому та стержнів кукурудзи з метою отримання волокнистих напівфабрикатів. Цей напрямок дослідів обумовлений великою кількістю відходів внаслідок виробництв. Метою дослідів є обґрунтування доцільності використання побічних матеріалів з метою раціонального використання продуктів переробки.

Під час переробки кукурудзи кожного року утворюються мільйони тон відходів, які легко збираються та є придатними для рідних цілей. Патентні досліді, проведені вченими, виявили ряд методів використання. Області використання переробки відходів кукурудзи закладені в широкому спектрі: корм для тварин, ДСП, наповнювачі для бетону, лаки, фарби, плити, добавка в цемент, етанол, фурфурол, спирти, кислоти, біопальне.

# **1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД**

## **1.1 Відходи цукрового виробництва та характеристика сировини для отримання напівфабрикатів із бурякового жому**

В Україні налічується 42 цукрових заводи станом на 2016 – 2017 роки, які в період виробництва цукру відчувають великі проблеми з утилізацією відпрацьованого жому. Українська інжинірингова компанія МНС Груп пропонує вирішення двох проблем цукрових заводів: енергетичної, а саме забезпечення цукрових заводів та інфраструктури власним газом і електроенергією та екологічної – зменшення забруднення ґрунту і повітря відходами цукрового виробництва [8].

З усіх галузей харчової промисловості найбільшу масу відходів отримують в цукровому виробництві. Відходами цукрової промисловості в процесі переробки буряка є жом, меляса, жомопресова і дифузійна води, рафінадна патока. Наприклад, цукрова промисловість нашої країни кожного року переробляє до 65 – 70 млн т. цукрових буряків. З цієї кількості отримується 83% жому, 4 – 6 % меляси, 50 – 70 % – бадилля та 8 – 12 % фільтраційного осаду. Жом є цінним кормовим продуктом, але в кислому вигляді він втрачає 50% сухих речовин. Сушінню підлягає лише 10 – 12 % [4].

В основному жом цукрових буряків використовується для відгодовування худоби за рахунок наявності великої кількості поживних речовин [5].

Виробництво жому в переважній більшості випадків носить сезонний характер. У свіжому вигляді жом зберігається погано, і тому його силосують як в спеціальних ямах, так і в звичайних силосних траншеях. В процесі силосування жому з метою скорочення втрат поживних речовин можуть бути використані хімічні консерванти.

Силосувати жом перед згодовуванням худоби можна частково знижувати і збагачувати азот шляхом обробки амонізованою водою[6].

Жом – вуглеводистий корм і не замінює концентровані корми. В ньому мало азотистих речовин, немає каротину, є багато кальцію, тому в раціон з жому включають білкові корми і багаті на фосфор мінеральні підгодівлі [7].

Незважаючи на те, що цукровий жом є цінною сировиною для годування тварин, повністю реалізувати його в період вересень – січень не вдається. Величезна кількість направляється на склади, де він з часом розкладається, завдаючи шкоди екології. Одночасно з цим процесом цукрові заводи відчують колосальну потребу в енергоресурсах для свого технологічного циклу, особливо в сезон виробництва цукру [9].

Є відомості, що будівництво біогазового комплексу та переробка жому дозволяє отримувати біогаз, електричну енергію, біодобрива та теплову енергію [10].

Продовженням цієї теми було у статті, де показано, що отриманий в результаті анаеробного зброджування біогаз, після газопідготовки, передбачається використовувати в залежності від пори року згідно потреб замовника: в сезон цукроваріння біогаз буде направлятися на виробничі потреби як недорога заміна природного газу, під час збирання зернових біогаз буде направлятися на зерносушарки, в решту часу біогаз спрямовуватиметься на газотурбінний енергоцентр для вироблення електроенергії і теплової енергії [11].

Науковцями доведено, що буряковий жом є цінною сировиною для галузі альтернативного палива в Україні. Питання використання альтернативних видів палива, що виробляються з відновлювальної сировини є нагальним для нашої країни. Це пояснюється тим, що на території немає достатньої кількості запасів інших видів палива. Біопаливо має певні переваги у порівнянні з традиційними видами. По–

перше, це відновлювальне джерело енергії, по-друге, в умовах значного підвищення вартості викопного палива його застосування дає можливість поліпшити та забезпечити енергетичну безпеку країни, економічні та екологічні показники підприємств[12].

Буряковий жом свіжий і висушений являє собою серйозний потенціал для виробництва енергії. Він може бути використаний як сировина для біогазових установок. Крім основної вигоди – отримання біогазу – установки забезпечують поліпшення екологічної ситуації навколо цукрового заводу, тому що дозволяють зменшити санітарну зону навколо підприємства з 500 до 150 м. Використання бурякового жому в якості сировини біогазових установок дозволяє отримувати 60–70 м<sup>3</sup> газу з 1 тонни сировини. Біогаз – це газ, що складається з 50–70% метану (CH<sub>4</sub>) і 50–30% вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), і за своїми характеристиками близький до природного газу. Використання біогазу в якості палива для теплоелектрогенератора забезпечує отримання

2 КВт–год. електричної та 2 КВт–год. теплової енергії з 1 м<sup>3</sup> газу. Під час використання додаткової системи очищення в біогазовій установці можна отримувати повний аналог природного газу (90% метану і 10% вуглекислого газу), який можна використовувати для заправки автомобілів. Переброджену масу бурякового жому після біогазової установки можна відразу використовувати як добриво. Переброджена маса – це готові екологічно чисті рідкі і тверді біодобрива, позбавлені нітритів, насіння бур'янів, патогенної мікрофлори, специфічних запахів. При використанні таких збалансованих біодобрив врожайність підвищується на 30–50%. Таким чином, біогазова установка дозволяє отримувати добрива найвищої якості, ефективність яких вища мінеральних, а собівартість практично дорівнює нулю. Таким чином, можливості використання, переробки, утилізації бурякового жому досить різноманітні, і всі ці напрямки мають детально опрацьовані технологічні

схеми, випробувані у виробництві. Буряковий жом в таких умовах стає не просто побічним, а дуже цінним продуктом цукрового виробництва, комплексне використання якого може істотно підвищити ефективність функціонування цукрової галузі [13].

Кращі досягнуті показники в Україні по витратах газу на сушіння жому дорівнюють  $245 \text{ нм}^3/\text{т}$  сушеного жому. При спалюванні 1 т сушеного жому можна отримати до 2760 Мкал теплової енергії [14].

Набагато складніше це питання з точки зору техніко – економічної доцільності. Ефективність відтворення палива за такої схеми використання жому як вторинного палива не досить висока. При цьому для сушіння жому потрібні значні капіталовкладення в жомосушильні установки та реконструкцію парогенераторів ТЕЦ цукрових заводів. Оскільки сушений жом є цінним кормовим продуктом і нині має високу ринкову вартість, така схема його використання як альтернативного палива є економічно не вигідною і не може бути рекомендована для широкого впровадження на цукрових заводах України [15].

Згідно досліджень вчених Попової Л.М. та Мазур І.В хімічний склад бурякового жому наступний: геміцелюлози – 23 – 25 %, целюлоза – 20 – 27%, лігнін – 1– 6%, зола – 4%. Такий хімічний склад дає основу для наступних досліджень з використання бурякового жому як сировини для виготовлення ВНФ [16].

Одним з найбільш перспективних і затребуваних напрямів використання бурякового жому є виробництво харчових волокон. Харчове волокно являє собою залишки рослинних клітин, які здатні протистояти гідролізу, що здійснюється травними ферментами людини. Встановлена фізіологічна добова потреба організму дорослої людини в харчових волокнах, яка складає від 25 до 38 г [17].

З бурякового жому виробляється також пектиновий клей. Спосіб отримання клею заснований на переведенні в розчин нерозчинних у



холодній воді пектинових речовин, що містяться в жомі. Вихід клею в даному випадку становить 2,5–3% до маси свіжого жому [18].

Одним із видів обробки сільськогосподарських відходів є виробництво пектину з бурякового жому. Ніяка інша пектиновмісна сировина не може конкурувати з буряковим жомом за своєю низькою вартістю. За середнього виходу цукру 12–13% буряково–цукрове виробництво дає 80–83% сирого бурякового жому від загальної маси. У фізичному відношенні – за переробки 15 млн. т буряку приблизно 12 млн. т складає буряковий жом. Вміст пектинових речовин в буряковому жомі в залежності від зони переробки варіюється в межах 20–40% на пов'язану–суху масу [19].

Сухі речовини бурякового жому представлені не лише пектинами. В ньому міститься: целюлози – 22 – 25%, геміцелюлози 21 – 23 %, азотистих речовин 1,8 – 2,5, золи 0,8 – 1,3 % та лігніну 14 – 17 % [20].

Характеристика жому, як цінної сировини, обумовлює основне направлення його використання – годівля сільських тварин. За своєю поживністю жом займає середнє положення між такими традиційними кормами як овес і лугове сіно. Він містить в 1,5 рази більше безазотистих сполук, які легко засвоюються. За своєю структурою – це складне колоїдне капілярно – пористе тіло.

Найбільш раціональним способом консервування жому є його сушіння. Під час його сушіння відбувається коагуляція колоїдних зв'язків, деформація кліткових оболонок і зменшення вихідного розміру сировини. Кінцева вологість висушеного жому становить 12 – 14%.

За вологості менше 10% буряковий жом набуває ламкості, легко розкришується і стирається в порошок під час сушіння або транспортування, утворюючи багато відходів, які не підлягають переробці. Пересушений жом погано гранулюється. За вологості більше 14% в жомі під час зберігання можуть розвиватися мікроорганізми, які

суттєво понижують якість як сировини, так і продукту, приводячи до його псування. Висушений жом являє собою сипучу масу часток неправильної продовгуватої форми, яка обумовлена конфігурацією бурякової стружки. Часточки сушеного жому можуть бути пилоподібними довжиною 20–70 мм [22].

За дисперсністю сушений жом можна віднести до грубо дисперсних порошків, в яких площа дотику часток фактично займає незначну долю їх поверхні, в результаті чого вони сабо взаємодіють один з одним. Найбільш маленькі часточки схильні до злипання. Ці признаки характеризують сушений жом як капілярно–пористе колоїдне тіло, що містить в собі абсорбційно–зв’язану вологу. При цьому в залежності від значення відносної вологості навколишнього повітря сушений жом може віддавати або поглинати вологу до досягнення рівноважного стану. Кількість сушеного жому становить 5% до маси буряка [22].

Доведено, що хімічний склад бурякового жому та стержнів кукурудзи дають можливість використання у виробництві волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) з метою отримання таких видів паперу, як паперу для пакування текстильних матеріалів або обгорткового паперу.

### **1.3 Виробництво бурякового пектину**

Буряковий жом містить пектин, який за своїм складом ідентичний пектину яблук і цитрусових. Пектин має здатність давати у водних розчинах з цукром і кислотою міцні гелі. На цій властивості ґрунтується застосування пектину у харчовій промисловості в якості желеутворюючого компонента при виготовленні желейних мармеладів, цукерок, джемів, а також в якості емульгатора майонезних сумішей, соусів і різних харчових емульсій [23].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження з вилучення пектину з рослинної сировини, зокрема бурякового жому, проводилися

Донченко Л.В. та Дейниченко Г.В. З літературного огляду встановлено, що є декілька способів вилучення пектину з бурякового жому, проте, оптимальний не визначений [24].

Схема отримання бурякового пектину включає наступні основні технологічні стадії:

1. підготовка жому до процесу екстрагування пектинових речовин (його подрібнення);
2. гідроліз – екстрагування пектинових речовин двадцятикратною кількістю 1,3%-вою соляною кислотою за температури 70 °С, рН 0,6–0,8, тривалістю 2,5 годин;
3. фільтрування пектинового екстракту;
4. виділення пектину із рідкої фази осадженням хлористим алюмінієм за присутності гідроксиду амонію;
5. очистка пектину багатократним промиванням аліфатичними спиртами; сушіння та подрібнення пектину.

Недоліком наведеної технологічної схеми є підвищені витрати спирту на очищення коагулянту, що є економічно не вигідним, багато стадійність та складність технології [25].

Відомо і кілька прогресивних технологій отримання пектину, що виключають недоліки традиційних методів. Однією з таких є технологія, що включає заморожування–дефростацію бурякового жому в кислому середовищі і осадження пектину етанолом, що дозволяє отримати продукт з високою желеутворюючою здатністю, із виходом цільового продукту близько 30%. Але є недоліки: труднощі освоєння, відсутність спеціального технологічного устаткування, енергоємність процесу, висока собівартість, необхідність використання кислоти і етанолу.

Використання даного способу отримання пектину з бурякового жому також має ряд переваг. Перш за все, це виключення з технологічного процесу кислот, лугів, токсичних і пожежо–

вибухонебезпечних реагентів; відсутність у необхідності використання складного спеціального технологічного устаткування при промисловій реалізації способу. До переваг відносять і усунення небажаного впливу підвищеної температури за рахунок виключення процесу упарювання на стадії концентрування пектинового екстракту з одночасним зниженням енерговитрат, а також додаткове його очищення від низькомолекулярних домішок шляхом ультрафільтрації, скорочення тривалості способу отримання цільового продукту до 12–18 год. та можливість отримання бурякового пектину з високою желуючою здатністю, досить високим виходом і низькою собівартістю [26].

#### **1.4 Отримання мікрокристалічної целюлози із жому цукрового буряка та її властивості**

Щорічно в Західній Європі в процесі отримання цукру утворюється близько 10 млн т бурякового жому від сухої речовини [27].

Цукрові заводи Росії, переробляючи щорічно 25 – 26 млн т цукрових буряків як вторинний ресурс, виробляють близько 21 – 22 млн т бурякового жому. За різними оцінками близько 60% жому залишається незатребуваним, неправильна утилізація якого завдає шкоди навколишньому середовищу. За правильного підходу використання жому в сучасних умовах можливо за кількома напрямками, одним з яких є отримання целюлози [27].

У статті вченими Курамшина Е.А. та Курамшен А.І. показано великий потенціал для ряду додатків, в яких важливими є особливі реологічні властивості водної суспензії, яка відрізняється стійкістю. На відміну від більшості препаратів целюлози, джерелом яких є вторинні волокна клітинних стінок, целюлоза, джерелом якої є буряковий жом, є типовою первинною целюлозою клітинної стінки, її також називають паренхиматозною клітинною целюлозою [27].

Отримання мікрофібрильованої целюлози з джерела паренхиматозної целюлози традиційними шляхами ускладнюється тим, що при цьому відбувається відновлення сітки водневих зв'язків між окремими нитками целюлози і її коагуляція в процесі сушіння за підвищеної температури. В результаті такої коагуляції матеріали з мікрофібрильованої і більш дисперсної целюлози не тільки знижують абсорбційну ємність, а й можуть недостатньо точно бути ефективно очищені від супутніх речовин за допомогою екстракцій або промивань.

Для вирішення проблеми такої коагуляції пропонується процедура сушіння із заморожуванням, ефект якої заснований на тому, що в процесі заморозки водомісткої целюлозовмісної сировини за рахунок збільшення в обсязі замерзаючих кристалів води відбувається збільшення відстані між вто–ринними целюлозовмісними стінками рослинного матеріалу аж до повного їх руйнування і фрагментації на фібрили [30].

Початкові експерименти з отримання мікрокристалічної целюлози (МКЦ) з висушеного жому цукрового буряка проводилися за наступною схемою: обробка 5%-ною сірчаною кислотою (К) – промивання (П) – лужний гідроліз в 1%-ому розчині NaOH за температури кипіння суміші і модуля 1:15 (Л) – промивання – вибілювання в 1% -ому розчині пероксиду водню за температури кипіння суміші і модуля 1:15 (О) – промивання (П) – сушіння (С). У ряді випадків послідовність Л–П–О–П повторюється неодноразово. Тривалість лужної обробки становить 60 хв, тривалість перексидного вибілювання – 90 хв.

Вихід мікрокристалічної целюлози, отриманої за цим способом, становить 3–6%, що, в принципі, можна пояснити низьким вмістом самої целюлози у висушеному буряковому жомі, що становить 19 – 23%. Крім того, продукт, отриманий за описаною вище схемою, відрізняється гранульованістю і не піддається подрібненню за допомогою шарового

млина [34].

Відомо, що відходи бурякового жому мають різний хімічний склад, що суттєво впливає на вибір технологічних режимів його обробки. Наприклад, включення в процес обробки вихідної сировини стадії заморожування. Отримані при використанні стадій заморожування зразки відрізняються високим ступенем білості, яка становить 98–100%. Такий процес дозволяє значно зменшити вміст лігніну в пробах зразків у вихідній сировині – висушеному жомі цукрових буряків. Це в свою чергу дає можливість для зменшення витрат хімікатів на стадії вибілювання. Тому дослідження цієї сировини є потенційно цікавими та економічно доцільними в майбутньому.

### **1.5 Відходи переробки стержнів кукурудзи як вторинний сировинний ресурс**

Під час переробки кукурудзи кожного року утворюються мільйони тонн відходів, які легко збираються та є придатними для різних цілей. Патентні дослідження проведені вченими, виявили ряд методів використання. Області використання переробки відходів кукурудзи закладені в широкому спектрі: корм для тварин, ДСП, наповнювачі для бетону, лаки, фарби, плити, добавка в цемент, етанол, фурфурол, спирти, кислоти, біопальне [22].

Аналіз науково–технічної інформації демонструє, що в наш час в деяких країнах Європи стержні кукурудзи слугують паливом, в США – сировиною для виробництва целюлозного етанолу. В Єгипті відходи переробки кукурудзи використовують в якості фермерських кормів для тварин. Однак в більшості країн, зокрема в Україні, вчені не знаходять доцільної області використання цієї сировини і залишки її на полях спалюються. В основному це пояснюється неефективністю економічних

механізмів та відсутністю єдиної бази даних за методами використання рослинних відходів сільського господарства [33].

В рамках досліджень, проведеними вченими, вивчені деякі характеристики та властивості відходів переробки кукурудзи.

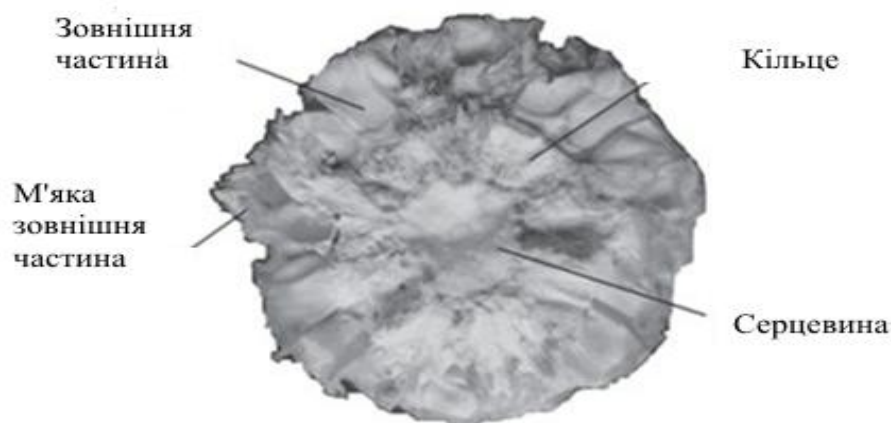


Рисунок 1.1 – Будова кукурудзного стержня

Хімічний склад окремих частин раніше не вивчався. Досліджували такі продукти, подрібнені до однорідної маси, що проходить через сито з діаметром отворів 620 мкм: – стержні, що не містять насіння, (СКП1); – деревне кільце із серцевиною, відокремлене від м'якої і грубої складових зовнішньої частини стержня, (СКП2); – м'яку і грубу складові зовнішньої частини стержня (СКП3). Хімічний склад сировини наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад стержня кукурудзи в різних зонах сировини, виражений у відсотках

Компонент	СКП1	СКП2	СКП3
Зола	0,68	0,27	0,95
Целюлоза	34,71	36,39	34,03
Гемицелюлоза	35,68	40,73	33,61
Лігнін	21,04	16,62	21,68
Екстрактивні речовини	7,89	5,99	9,73

Найбільша кількість целюлози і геміцелюлози міститься в деревному кільці із серцевиною, що свідчить про його значну механічну міцність. Вміст золи знижується в послідовності СКП3 → СКП1 → СКП2, а геміцелюлози – в послідовності СКП2 → СКП1 → СКП3. Найбільший вміст лігніну в СКП3.

Перспективність використання стержнів кукурудзи обумовлена тим, що основними хімічними компонентами є: целюлоза 30 – 34 %, геміцелюлози 25 – 30 %, лігнін 15 – 17 % та екстрактивні речовини. Фібрилярна будова целюлози та лігніну є пористою, вони визначають механічну міцність сировини для виробництва ВНФ. Геміцелюлози являють собою суміш полісахаридів – пентозанів та гексозанів, які можуть легко гідролізуватися під дією кислот [55].

Систематизовані знання про склад та будову слугують основою для створення умов ефективного обороту вторинних сировинних ресурсів, організації виробництва нових продуктів та їх наступною екологічно безпечною утилізацією, зокрема в важливих сільськогосподарських та рекреаційних зонах України [34].

### **1.6 Перспективи використання відходів переробки кукурудзи як матеріалу для одержання активованого вугілля для суперконденсаторів**

Загострення екологічної ситуації, необхідність комплексного очищення як питної води, так і стічних вод, очищення газових викидів, розроблення нанотехнологій з використанням високопористих матеріалів, підвищення енергоємнісних та потужнісних характеристик електрохімічних джерел живлення та суперконденсаторів вимагають нових підходів та методів створення промислових адсорбентів та матеріалів з розвиненою поверхнею. Не слід забувати і про раціональний



підхід до використання природних ресурсів, а також застосування процесів рекуперації вуглеводнів. Одним із оптимальних способів об'єднання цих завдань може стати комплексне використання активованого вугілля (AB), одержаного внаслідок карбонізації та активації матеріалів рослинного походження, у першу чергу – відходів переробки сільськогосподарської продукції, а саме стержні кукурудзи [24].

Кукурудза – одна з найпоширеніших і важливих сільськогосподарських культур у світі, у тому числі і в Україні. У 2013 р. Валовий збір кукурудзи досяг 31 млн.т, при цьому площі її вирощування зросли у 4 рази порівняно з 1990 р. та становили 4825 тис. га У 2014 р. ці показники дещо знизилися, однак, валовий збір кукурудзи становив 28,5 млн.т. За даними Національної академії аграрних наук України, відношення зернової частини врожаю кукурудзи до незернової становить 1:1,3. З урахуванням цього показника та урожаю за 2013–14 роки маса післяжнивних залишків становить близько 37...40 млн.т. Тож Україна має значний потенціал біомаси у вигляді відходів вирощування та переробки кукурудзи на зерно [35].

Як вихідну сировину для піролізу використовували кукурудзяні стержні та рильця. Сировину спочатку промивали у дистильованій воді кімнатної температури до візуально чистого зливу. Висушували у сушильній шафі в атмосфері повітря за температури 100...110°C до постійної маси. Піроліз виконували у трубчастому реакторі з неіржавної сталі, постійно відкачуючи газоподібні продукти реакції. Активували за традиційною технологією водяною парою за температури 800...850°C. Одержані активовані матеріали промивали дистильованою водою та висушували. Для експериментальних досліджень АВ подрібнювали механічним способом, просівали на просівній машині та відбирали фракції з розміром частинок 80...90 мкм та 40...63 мкм. Для досліджень

впливу УЗ у докавітаційному режимі фракцію АВ розміром 80...90 мкм поміщали у сферичний УЗ реактор і заливали дегазованою дистильованою водою. Частота УЗ впливу становила 42 кГц. Вугілля перебувало у реакторі у вигляді 15...20 мас.% суспензії, оскільки зміна вмісту вугілля у дисперсії впливає на результат УЗ модифікації. Енергія, надана за допомогою УЗ суспензії, становила 12,3 кДж. Після модифікації АВ знову висушували та просівали [36].

Таким чином, виконаний аналіз літературних даних та проведені експериментальні дослідження виявили, що відходи переробки кукурудзи є перспективним матеріалом для одержання АВ, яке може мати широкий спектр застосування, зокрема, як електродний матеріал для одержання суперконденсаторів. Встановлено, що докавітаційний режим УЗ модифікації АВ сприяє збільшенню питомої ємності суперконденсаторів на 20...50% залежно від виду вихідної сировини.

Враховуючи, що в більшості країн з високим рівнем розвитку промисловості питомий показник виробництва АВ становить близько 0,5 кг на людину в рік, а в Україні – лише 0,02 кг, то для подолання такої різниці регулярно імпортують АВ з-за кордону. Розвиток технологій одержання недорогих високопористих матеріалів на основі переробки відходів сільськогосподарської продукції, у першу чергу – відходів переробки кукурудзи, дасть можливість не лише зменшити навантаження на довкілля, але і забезпечити потреби держави у якісному АВ.

Доведено, що хімічний склад стержнів кукурудзи дають можливість використання у виробництві волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) з метою отримання таких видів паперу, як паперу для пакування текстильних матеріалів або обгорткового паперу.

## 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

### 2.1 Проведення процесу мацерації та варіння волокнистих напівфабрикатів

Було проведено підготовку рослинної сировини до процесу мацерації та варіння. Для цього використовували стержні кукурудзи, які подрібнювали до розміру 3 – 4 см, та жом цукрового буряка, який використовували в сухому стані у вигляді стружки. Процес мацерації проводили з використанням розчину NaOH із концентрацією 16 г/дм<sup>3</sup> од. Na<sub>2</sub>O тривалості 30, 60 та 90 хв.

Розчин NaOH готували наступним чином: концентрований розчин NaOH з концентрацією 49,98 % розбавляли відповідно до розрахунків до необхідної концентрації. Дослідження проводили в лабораторних умовах [18].

Проведення процесу мацерації. Оброблення підготовленої сировини розчином NaOH із концентрацією 16 г/дм<sup>3</sup> од. Na<sub>2</sub>O проводили на водяній бані із зворотнім холодильником в колбах об'ємом 750 мл. Попередньо зважену на технічних терезах сировину в розрахунку на 50 г а/с сировини, завантажували в колби та заливали 340 мл розчину NaOH за температури приблизно 80 °C і витримували 30, 60 та 90 хв. В цей період відбувається процес просочення і мацерації сировини. По закінченні процесу мацерації масу вивантажували на сітку для вільного стікання рідини.

У твердому залишку визначали:

- вміст залишкового лігніну;
- коефіцієнт сухості;
- вихід напівфабрикату;

Всі дослідження було проведено згідно стандартних методик [37].

Волокнисті напівфабрикати (ВНФ) розмелювали у центробіжно–розмелювальному апараті (ЦРА) та виготовляли лабораторні зразки, які піддавали фізико–механічним випробуванням.

Проведення процесу варіння. Твердий залишок після стікання рідини, завантажували у колбу на 750 мл з додаванням в колбу 90 мл гарячої води та продовжували варіння протягом 30, 60 та 90 хв. Температуру варіння підтримували на рівні 95 – 100 °С. Після завершення процесу варіння твердий залишок промивали водою на ситах з сіткою № 40, зневоднювали до сухості 20 % і висушували на повітрі, після чого зберігали у поліетиленових пакетах для забезпечення постійної вологості.

У твердому залишку визначали:

- коефіцієнт сухості;
- вихід напівфабрикату;
- вміст залишкового лігніну;

Всі дослідження було проведено згідно стандартних методик [37].

Волокнисті напівфабрикати (ВНФ) розмелювали у центробіжно–розмелювальному апараті (ЦРА) та виготовляли лабораторні зразки, які піддавали фізико–механічним випробуванням.

## **2.2 Аналіз відпрацьованих щолоків**

В результаті мацерації та варіння кількість відпрацьованого щолоку, який вільно стікає, залежить від виду сировини, яка використовується і становить: для стержнів кукурудзи 70 – 105 мл, для бурякового жому 15 – 70 мл. Об'єм відпрацьованого розчину вимірювали мірним циліндром. Розчин піддавали аналізу згідно методики визначення залишкового вмісту активного NaOH.

В мірну колбу на 500 мл заливали 50 мл відпрацьованого щолоку, куди відбирали 50 мл 1 н розчину хлористого барію, після чого доливали

до мітки дистильовану воду. Після перемішування відбирали 25мл освітленого розчину, переміщали його в колбу для титрування, куди попередньо додавали 1–2 краплі фенолфталеїну і відтитровували 0,1 н НСІ до зникнення рожевого забарвлення. Титрування проводили за присутності проби – 25 мл освітленого розчину щолоку, але без додавання до нього фенолфталеїну. В цьому випадку легше побачити зникнення рожевого забарвлення фенолфталеїну в жовто–бурому розчині щолоку.

### **2.3 Визначення вмісту змулених речовин та сухого залишку в підсіткових водах**

Під час виготовлення відливків ВНФ, що були отримані за концентрації 16 г/дм<sup>3</sup> в од.  $Na_2O$ , та тривалості 30 та 60 хв., було зібрано підсіткові води для визначення вмісту змулених речовин та сухого залишку.

Визначення вмісту змулених речовин. Об'єм води, що складає 250 мл фільтрували через два урівноважених паперових фільтра. Фільтри з осадом висушували спочатку на повітрі, а потім у сушильній шафі за температури 105 °С.

Залишок після прожарювання змулених речовин. Паперові фільтри з осадом переносили у зважений фарфоровий тигель, який поміщали в холодну муфельну піч, нагрівали до 600 °С і прожарювали за цієї температури протягом 30 хв. Потім охолоджували в ексікаторі і зважували.

Сухий залишок. Для визначення сухого залишку відбирали 100 см<sup>3</sup> профільтрованої води і випаровували на піщаній бані в підготовленій фарфоровій чашці. Чашку із сухим залишком ставили у сушильну шафу, нагрівали до 110 °С і сушили до постійної маси.

Визначення залишку після прожарювання. Фарфорові чашки із сухим залишком після висушування поміщали у муфельну піч і прожарювали до постійної маси за температури 600 °С.

## **2.4 Проведення розмелювання бурякового жому та стержнів кукурудзи**

### **а) Розмелювання жому без хімічного оброблення**

Сухий жом у вигляді стружки поміщали в ексікатор, куди додавали розраховану кількість води до досягнення концентрації 4 %, та витримували протягом 19 год для набухання. Після вказаного часу проводили розмелювання окремо в ЦРА та ЛРК, з метою фібрилювання і виготовляли відливки у композиції з макулатурою. Розмелені ВНФ використовували для виготовлення відливок у композиції із попередньо розмеленої макулатури марки А – 2 з офсетного паперу.

### **б) Розмелювання жому після хімічного оброблення**

Після проведення процесу мацерації та варіння проводили розмелювання в ЦРА і виготовляли відливки у композиції з макулатурою. Досягли ступеня млива для бурякового жому 55 °ШР, для стержнів кукурудзи 50 °ШР. Розмелені ВНФ використовували для виготовлення відливок у композиції із попередньо розмеленої макулатури: 33% макулатури – газетний папір марки МС–7Б, 33% макулатури – картон марки МС–5Б, 33% макулатури – офсетний папір МС–1А. Зразки із 100% ВНФ отримати не вдалося. Це пояснюється тим, що була велика втрата короткого волокна, яке проходило крізь сітку. Для утримання коротких волокон у масі були створені композиції у відсотковому співвідношенні з макулатурою.

## **2.5 Виготовлення лабораторних зразків паперу для пакування текстильних метеріалів та пакувального паперу**

Лабораторні зразки паперу для пакування текстильних матеріалів виготовлялись масою  $1 \text{ м}^2 - 83 \text{ г}$ , пакувального паперу –  $80 \text{ г}$ .

Для виготовлення лабораторних зразків паперу масою  $83$  та  $80 \text{ г/м}^2$  розмелювали окремо волокнисті напівфабрикати та змішану макулатуру, яка складається із суміші – газетна, папір офсетний з друком, картонні папки. Розмелювання ВНФ проводили у апараті ЦРА, а розмелювання макулатури у ЛРК до досягнення ступеня млива  $50-55^0\text{ШР}$  [37].

Макулатуру ввикористовували марок  $33,0\%$  МС–7Б,  $33,0\%$  МС–5Б та  $33,0\%$  МС–1А .

Ступінь млива контролювали за допомогою приладу СР–2 типу Шоппер–Ріглера.

Для виготовлення паперу для пакування текстильних матеріалів та пакувального паперу готували композиції з використанням напівфабрикатів, отриманих у процесі мацерації і варінням із недеревної рослиної сировини та відходів цукрового виробництва у вигляді жому, а також макулатури марок МС–7Б, МС–5Б та МС–1А.

Схема композиції для ВНФ/Макулатура:

0	25	50	75	100	ВНФ
100	75	50	25	0	Макулатура

## **2.6 Дослідження фізико–механічних показників лабораторних зразків волокнистих напівфабрикатів**

Лабораторні відливки ВНФ масою  $80 \text{ г/м}^2$  піддавали випробуванням з визначенням фізико–механічних показників, які проводили у

відповідності до стандартних методик за таких умов кондиціонування: температура –  $20 \pm 2$  °С, вологість –  $60 \pm 3$  % в ЗАО “Інститут паперу”.

Отримані лабораторні відливки піддавали випробуванню на:

- розривну довжину, м – за ГОСТ 13525.1–79;
- міцність на злом під час багаторазових перегинівх, к.п.п. – за ГОСТ 13525.2–80;
- опір продавлюванню, кПа – за ГОСТ 13525.8–86;
- опір роздиранню, мН – за ГОСТ 13525.3–97.
- 

## **2.7 Методика обробки експериментальних даних**

За допомогою методу математичного моделювання було здійснено пошук оптимальних параметрів проведення процесу мацерації та варіння жому та стержнів кукурудзи для отримання целюлози з максимально високим виходом та мінімальним вмістом лігніну в отриманому ВНФ.

В основу задачі структурної ідентифікації (пошук структури моделі та її коефіцієнтів) покладено принцип "чорного ящика", коли причинно–наслідкові зв'язки між вхідними факторами та вихідними параметрами вважаються невідомими.

Разом з тим, вважається, що існує певна функція, яка адекватно відображає реакцію об'єкта (його поведінку) на вхідні сигнали.

Задача структурної ідентифікації полягає в побудові оптимальної в деякому смислі моделі за результатами реалізації вхідних і вихідних сигналів. При цьому, допускається, що значення вхідних змінних (факторів) є детермінованими, а вихідні характеристики – випадковими величинами в результаті впливу "шумів" (випадкових похибок вимірювань, неврахованих збурювань, що не піддаються контролю і т.п.).

В зв'язку з цим, результатом структурної ідентифікації є оцінки



$$\tilde{y}_s = \tilde{M} \left[ \frac{Y_s}{x} \right] = \tilde{F}_s(x, a), \quad s = \overline{1, L+R},$$

де  $\tilde{M}$  – оцінка математичного очікування  $s$ -ої характеристики об'єкта при заданому  $x$ .

$Y_s$  – виміряне значення характеристики, яке складається із суми регулярного сигналу  $y_s$  і випадкової похибки  $\xi$ :  $Y_s = y_s + \xi$ ;

$F$  – оцінка істинної характеристики;

$L+R$  – визначає в просторі вхідних змінних область допустимих рішень з урахуванням функціональних і критеріальних обмежень.

При ідентифікації складних багатфакторіальних систем найбільш ефективним є метод самоорганізації математичних моделей, який базується на тому, що оперуючи тільки набором експериментальних даних, які використані для визначення оцінок коефіцієнтів за методом найменших квадратів (МНК), неможливо віднайти найкращу, єдину модель.

Для цього потрібно скористатися деяким зовнішнім критерієм, яким, наприклад, може бути похибка, що вираховується на новій серії експериментальних даних. Мінімум похибки на цих точках може слугувати визначальним моментом того, що отримана модель є модель оптимальної складності.

Процес вирішення задачі структурної ідентифікації можливо надати у вигляді системи взаємопов'язаних ланцюгів:

- 1) постановка задачі і аналіз апріорної інформації;
- 2) проведення експерименту в режимі нормального функціонування об'єкта або у відповідності з деяким планом із множини планів  $\chi = x_1, x_2, \dots$ ;
- 3) аналіз і попередня обробка результатів експерименту;

- 4) вибір множини можливих аргументів (опорних функцій);
- 5) розробка або вибір генератора складності моделі;
- 6) вибір способу розбивки таблиці експериментальних даних на навчаючу (A), перевірочну (B) та екзаменаційну (C) вибірки із множини  $R = r_1, r_2, \dots$  ;
- 7) самоорганізація моделі, яка задовольняє критеріям оптимальності  $Q = q_1, q_2, \dots$  ;
- 8) аналіз та довизначення моделі;
- 9) практичне використання моделі.

Наведена схема є достатньо загальною і може бути використана для структурної ідентифікації об'єктів будь-якої природи. на практиці ж задачу доводиться членувати.

Перш за все фіксується клас можливих моделей  $F$  (дискретні поліноми, диференціальні рівняння та ін.). З врахуванням цього формується матриця  $X$  , яка забезпечує можливість об'єктивного порівняння моделей  $F \in F$  за критеріями  $Q$  за декількома варіантами розбивки на A, B, C послідовності.

Практично, як правило, не вдається достатньо повністю вирішити задачу, які поставлені перед конкретними ланцюгами задачі структурної ідентифікації. Це призводить до того, що на виході ланцюга 7 маємо не одну, а декілька однакових (рівноцінних) моделей, що потребує введення етапу довизначення оптимальної моделі. Необхідність етапу довизначення витікає ще із того, що задача структурної ідентифікації є багатокритеріальною і, таким чином, не може мати однозначного,

теоретично обґрунтованого методу практичного вирішення будь-якої задачі.

Тому до визначення є не що інше, як вибір найбільш раціонального рішення (моделі) на базі додаткових зовнішніх критеріїв або експериментальної оцінки моделей.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Характеристика хімічного складу бурякового жому та стержнів кукурудзи

З метою використання відходів сільського господарства у вигляді бурякового жому та стержнів кукурудзи як целюлозо місткої сировини піддавали аналізу на хімічний склад. Отримані результати наведено в табл.3.1 та табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад жому

Показник	Мокрий жом (Іллінець) [1]	Мокрий жом (Глобінський) [1]	Сухий жом (стружка) [39, 40, 41]	Дані, отримані дослідним шляхом
Вміст целюлози, %	25,1	32,1	26,2	14
Вміст лігніну, %	17,8	4,1	16,7	7
Зольність, %	2,6	2,9	4,0	
Речовини, що екстрагуються водою, %	15,4	6,4	—	—
Пентозани, %	18,3	—	—	—
СЖВ, %	1,0	1,2	1,7	3
Речовини, що екстрагуються лугом, %	68,0	—	—	—
Вміст пектинів, %	5,5	—	—	—
Вміст холоцелюлози, %	30,8	27,0	27,0	—
Вміст геміцелюлоз, %	20,8	—	—	—

Особливе місце у проведенні досліджень приділялося відходам цукрової промисловості, у вигляді мокрої та сухої стружки жому. Як видно із даних табл. 3.1 жом містить у своєму складі приблизно 65 % вуглеводної частини, що характеризує його як сировину з достатнім вмістом вуглеводів. Щодо лігніну, то його вміст знаходиться на рівні недеревної рослинної сировини. Виходячи з обмеженості використання жому іншими галузями, швидкості його псування, на основі хімічного складу його можна розглядати в якості целюлозомісткої сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад стержня кукурудзи в різних зонах сировини, виражений у відсотках [34]

Компонент	СКП1	СКП2	СКП3
Зола	0,68	0,27	0,95
Целюлоза	34,71	36,39	34,03
Гемицелюлоза	35,68	40,73	33,61
Лігнін	21,04	16,62	21,68
Екстрактивні речовини	7,89	5,99	9,73

Досліджували такі продукти, подрібнені до однорідної маси, що проходить через сито з діаметром отворів 620 мкм: – стержні, що не містять насіння, (СКП1); – деревне кільце із серцевиною, відокремлене від м'якої і грубої складових зовнішньої частини стержня, (СКП2); – м'яку і грубу складові зовнішньої частини стержня (СКП3). Найбільша кількість целюлози і гемицелюлози міститься в деревному кільці із серцевиною, що свідчить про його значну механічну міцність. Вміст золи знижується в послідовності СКП3 → СКП1 → СКП2, а гемицелюлози – в

послідовності СКП2 → СКП1 → СКП3. Найбільший вміст лігніну в СКП3

### **3.2 Вміст залишкового лігніну та вихід сировини, залежно від тривалості варіння**

Для стержнів кукурудзи та бурякового жому після процесу мацерації та варіння проводили аналіз виходу та залишкового вмісту лігніну у ВНФ.

Після проведення процесу мацерації та варіння було отримано ВНФ, якісні характеристики яких наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.3 – Вміст залишкового лігніну та вихід сировини в залежності від тривалості варіння

Спосіб варіння	Тривалість, хв	Вихід, %	Вміст залишкового лігніну, %
Стержні кукурудзи			
Мацерація	30	82,1	8,6
Варіння+Мацерація	30+30	76,3	6,6
Мацерація	60	78,5	7,4
Варіння + Мацерація	60+60	73,0	5,8
Мацерація	90	74,5	5,5
Варіння + Мацерація	90+90	72,0	5,3
Буряковий жом			
Мацерація	60	84,0	1,5
Варіння + Мацерація	60+60	77,8	1,2
Мацерація	90	75,5	1,3
Варіння + Мацерація	90+90	71,4	1,1

Буряковий жом та стержні кукурудзи піддавали мацерації за концентрації розчину NaOH 16 г/дм<sup>3</sup> температури 92– 96 °С та тривалості 30, 60 та 90 хв. В отриманих ВНФ визначали залишковий вміст лігніну у порівнянні із вихідною сировиною.

За даними таблиці можна зробити висновок, що мацерація бурякового жому за концентрації 16 г/дм<sup>3</sup> NaOH та тривалості 90 хв покращує процес делігніфікації. Наступний етап обробки сировини, а саме варіння за тривалості 90 хв покращує делігніфікацію на 15 %.

Мацерація тривалістю 90 хв та варіння кучанів кукурудзи тривалістю 90 хв покращує процес делігніфікації на 35,3 %.

### **3.3 Визначення вмісту змулених речовин та сухого залишку у підсіткових водах**

Під час виготовлення відливків ВНФ, що були отримані за концентрації 16 г/дм<sup>3</sup> розчину NaOH, було зібрано підсіткові води для визначення вмісту змулених речовин, вмісту прожарених змулених речовин, сухого залишку та залишку після прожарювання . Для експерименту було взято три проби стічних вод після виготовлення відливків: з макулатури, 30 та 60 хвилинної мацерації стержнів кукурудзи. Результати дослідження наведено в табл.3.3,

Таблиця 3.3 – Вміст змулених речовин та сухого залишку в підсіткових водах відливків

Сировина	Вміст змулених речовин, мг дм <sup>3</sup>	Вміст прожарених змулених речовин, мг дм <sup>3</sup>	Сухий залишок, мг дм <sup>3</sup>	Залишок після прожарювання, мг дм <sup>3</sup>
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> , в од. Na <sub>2</sub> O				
Стержні кукурудзи Мацерація	68,4	33,8	1261,2	1193

30хв				
Стержні кукурудзи Мацерація 60хв	71,3	50,6	962	794,2
Макулатура	96,4	78,15	1361,1	1289

В порівнянні із стандартами на газетний папір, в якому вміст змулених речовин у стічних водах становить  $180 \text{ мг/дм}^3$ , після ВНФ дещо менші. Вміст змулених речовин після стічних вод від ВНФ зі стержнів кукурудзи після мацерації 30 хв нижчий, ніж після мацерації 60 хв на 5%. Це свідчить про те, що тривалість процесу мацерації впливає на кількість залишкових речовин, які не перейшли в розчин. Порівнюючи вміст змулених речовин зі стандартами на писальний папір, що становлять  $550 \text{ мг/дм}^3$  також можна зробити висновок, що необхідно вилучати різні домішки із сировини, перед використанням його для отримання ВНФ.

Стічні води від виготовлення лабораторних відливків залежно від виду ВНФ містять волокна целюлози, частково компоненти відпрацьованого щолоку. Вміст волокна буде залежати від виду ВНФ, целюлози, напівцелюлози, целюлози високого виходу, а також від довжини волокна. Вміст змулених речовин в більшій мірі залежить від зольності, а також ступеня промивання від відпрацьованого щолоку.

Стічні води рекомендують піддавати очищенню механічному, фізико – хімічному та біологічному.

### **3.4 Аналіз щолоків**

В ході роботи було проаналізовано вихідний варильний розчин та відпрацьовані щолоки на вміст активного лугу. Отримані дані наведено в табл. 3.4.



Як видно із даних табл.3.4, використання натронного розчину для проведення мацерації з вищим вмістом активного лугу, а саме 16 г/дм<sup>3</sup> в од. Na<sub>2</sub>O, призводить до більших витрат активного лугу, можливо, навіть, на побічні реакції.

Така закономірність частково може пояснюватися перевитратою активного лугу.

Таблиця 3.4 – Вміст активного лугу у вихідному варильному розчині та відпрацьованих щолоках

Вид сировини	Концентрація варильного розчину, г/дм <sup>3</sup>	Залишковий активний луг, після варіння г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O	Витрати активного лугу на мацерацію		Об'єм розчину, який вільно стікає після мацерації, мл
			г/дм <sup>3</sup>	%	
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 30 хв. + Варіння 30 хв.					
Жом	16	2,4	12	75	75
Стержні кукурудзи		3,6	11,5	75,5	105
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 60 хв. + Варіння 60 хв.					
Жом	16	3,2	12,8	70	50
Стержні кукурудзи		5,3	10,7	66,9	80
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 30 хв					
Жом	16	3,6	12,4	77,5	90
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 90 хв.					
Жом	16	2.6	13,4	83,7	45
Стержні кукурудзи		4,2	11	73,7	90

За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 90 хв. + Варіння 90 хв.					
Жом	16	—	—	—	—
Стержні кукурудзи		4,3	12	74	70
За концентрації NaOH 16 г/дм <sup>3</sup> в од. Na <sub>2</sub> O Мацерація 90 хв. + Варіння 90 хв.					
Жом	16	2,8	14	84	15
Стержні кукурудзи		5,1	10,3	64,5	70

.Значні витрати активного лугу супроводжують процес мацерації жому, що пояснюється утриманням розчину сировиною і подальшим варінням його. Далі витрати дещо нижчі для процесу мацерації стержнів кукурудзи, що пояснюється глибшою делігніфікацією.

Таким чином можна зробити висновок, дослідження відпрацьованих розчинів після мацерації та варіння жому і стержнів кукурудзи показує, що в кінці варіння залишається від 26 – 60% активного лугу від загальної кількості.

### **3.5 Порівняльна характеристика показників якості волокнистих напівфабрикатів з бурякового жому за різного способу розмеювання без мацерації та варіння**

На основі раніше проведених досліджень показано, що буряковий може піддаватися розмелюванню на окремі волокна навіть без хімічного оброблення. Тому сухий жом заливали водою на 19 год. Після закінчення часу набрякання його піддавали розмелюванню в ЦРА до ступеня млива 55<sup>0</sup>ШР. Розмелений ВНФ використовували у композиції з макулатурою марки А–2. Розмелювання в ЛРК проводили із сировиною після замочування водою на 19 год. для полегшення процесу фібрилювання

бурякового жому. Після закінчення часу набрякання його піддавали розмелюванню в ЛРК до ступеня млива 50<sup>0</sup>ШР.

Наступним етапом досліджень було виготовлення лабораторних зразків з композиції бурякового жому та макулатури марки А – 2 з офсетного паперу.

Композиція була підготовлена у відсотковому співвідношенні: 100%макулатури; 90 % макулатури та 10 % жому; 75% макулатури та 25% жому; 50% макулатури та 50% жому. Отримані дані наведено на рис. 3.2 –3.5.

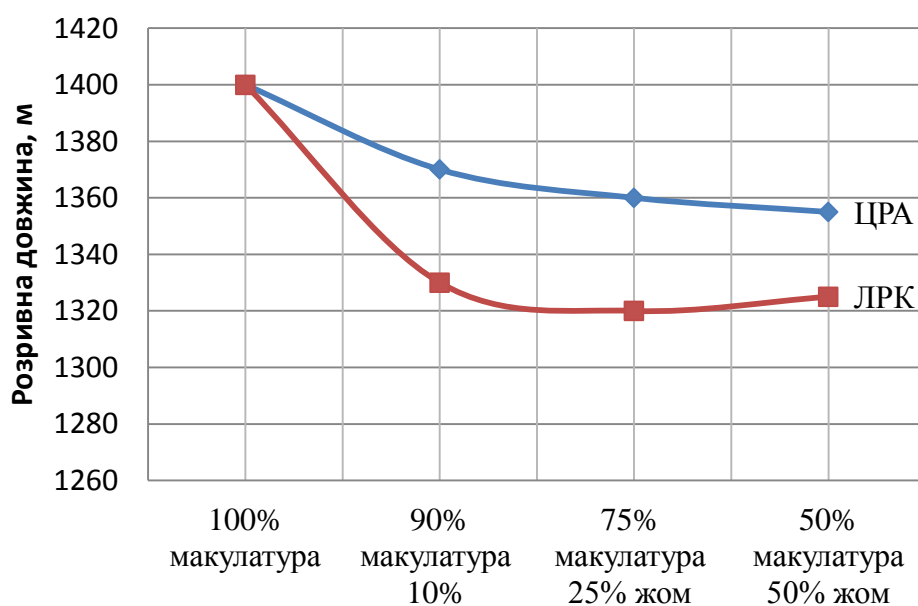


Рисунок 3.2 – Порівняння розривної довжини ВНФ після розмелювання в ЛРК та ЦРА

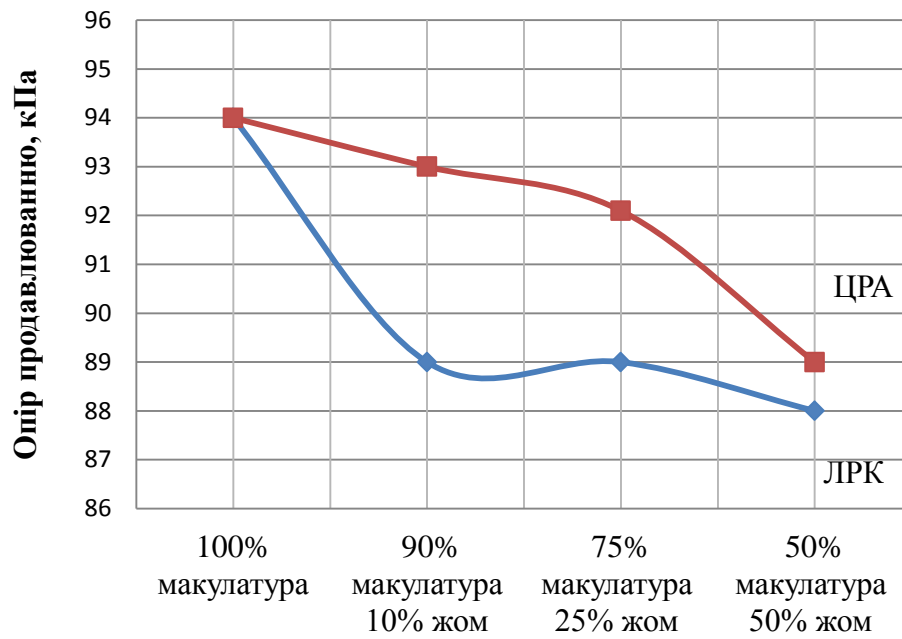


Рисунок 3.3 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ після розмелювання в ЦРР та ЛРК

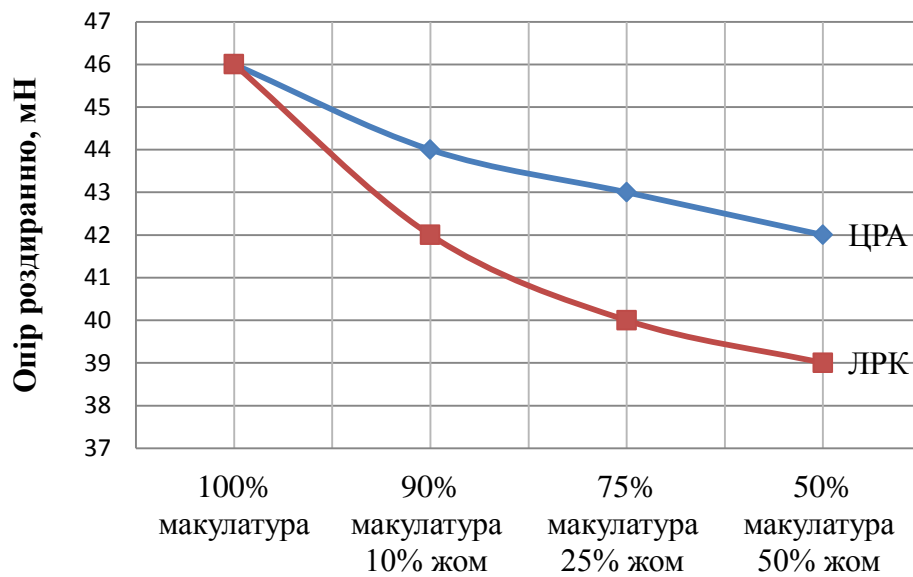


Рисунок 3.4 – Порівняння опору роздиранню ВНФ після розмелювання в ЦРА та ЛРК

Як видно з наведених графіків, якість відливків суттєво залежить від композиції ВНФ. Показники фізико–механічних досліджень демонструють те, що додавання в композицію макулатури покращує якість відливків. Додавання в композицію 50 % макулатури покращує якість ВНФ на 25 %

Аналізуючи показники якості ВНФ з бурякового жому та макулатури у відсотковому співвідношенні та за різного способу розмелювання, можна встановити певну послідовність: спосіб розмелювання впливає на фізико–механічні показники несуттєво. Розмелювання в ЦРА окращує властивості ВНФ в середньому на 5%. Це явище пояснюється більшою фібриляцією бурякоого жому.

### **3.6 Порівняльна характеристика показників якості волокнистих напівфабрикатів зі стержнів кукурудзи за тривалості мацерації 30, 60 та 90 хв.**

Проведення мацерації стержнів кукурудзи було здійснено з метою розм'якшення сировини, для кращої її піддатливості до наступних випробувань. Було проведено процес мацерації стержнів кукурудзи за різної тривалості: 30, 60 та 90 хв. Виготовлення лабораторних відливків відбувалося в композиції: 100% макулатура, 90% макулатура та 10% ВНФ, 75% макулатура та 25% ВНФ, 50% макулатури та 50% ВНФ. Ці залежності наведено на рис. 3.5 – 3.7.

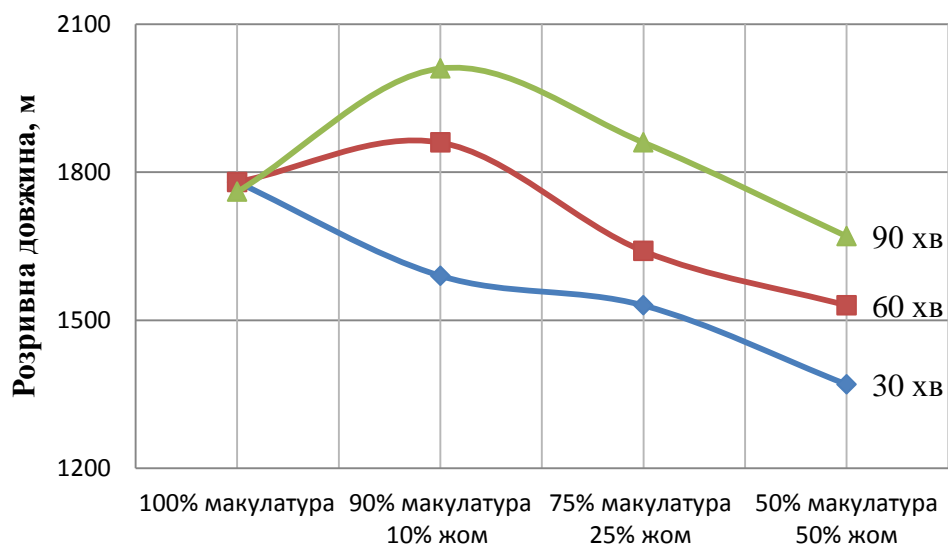


Рисунок 3.5 – Порівняння розривної довжини ВНФ після мацерації за тривалості 30, 60 та 90 хв.

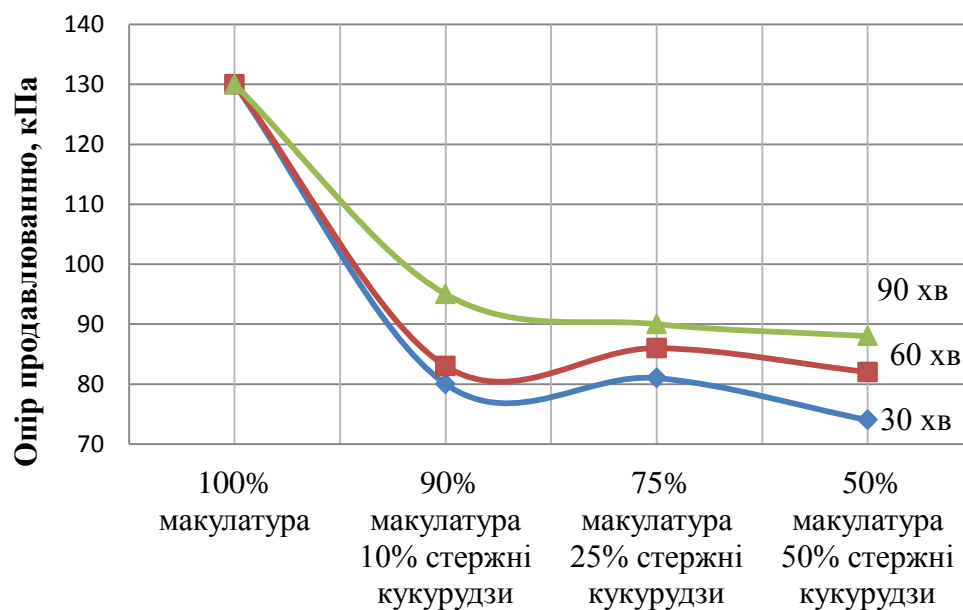


Рисунок 3.6 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ після мацерації за тривалості 30, 60 та 90 хв.

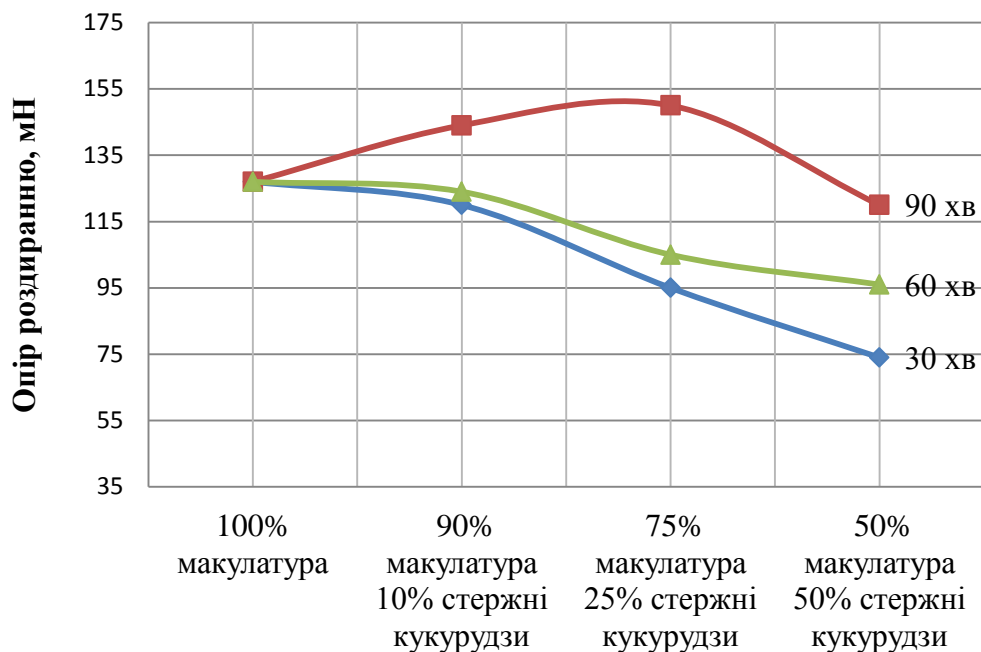


Рисунок 3.7 – Порівняння опору роздиранню ВНФ після мацерації тривалість 30, 60 та 90 хв.

Проведення мацерації із підвищенням тривалості від 30 до 90 хв впливає несуттєво. За підвищення тривалості мацерації фізико–механічні показники фактично не змінюються. Додавання в композицію макулатури понижує показники якості в середньому на 13%.

Використана композиція ВНФ із стержнів кукурудзи та макулатури порівнювалась зі стандартом на обгортковий папір.

### 3.6 Порівняльна характеристика показників якості волокнистих напівфабрикатів зі стержнів кукурудзи за різної тривалості мацерації та варіння

Наступним етапом дослідів було проведення аналізу стержнів кукурудзи за тривалості мацерації 30, 60 та 90 хв. з наступним етапом обробки – варінням за тривалості 30, 60 та 90 хв. відповідно. Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що процес варіння покращив

фізико–механічні якості ВНФ з стержнів кукурудзи та макулатури у відсотковому співвідношенні. Отримані закономірності наведено на рис. 3.7– 3.9.

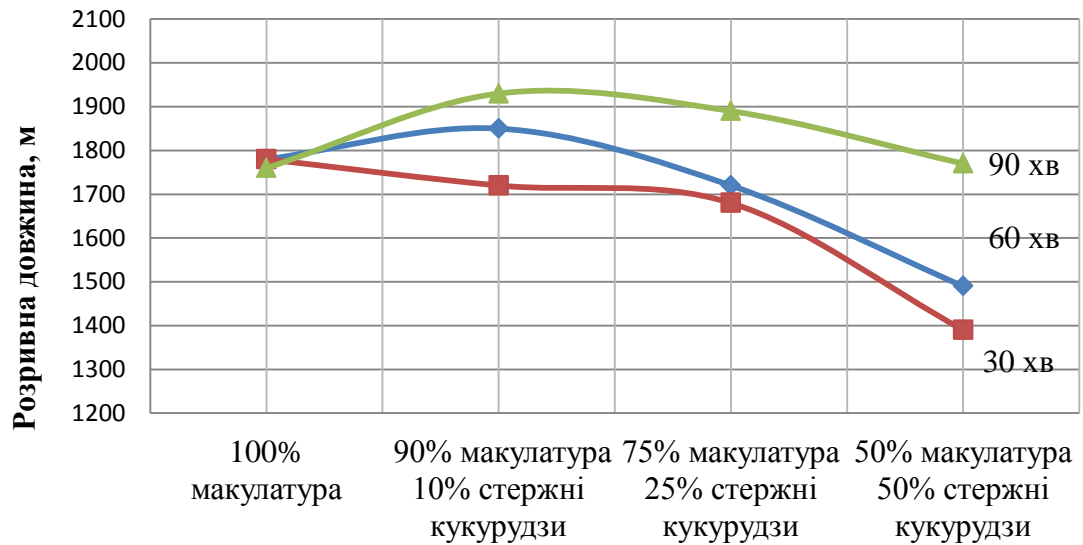


Рисунок 3.8 – Порівняння розривної довжини ВНФ після мацерації та варіння тривалістю 30, 60 та 90 хв.

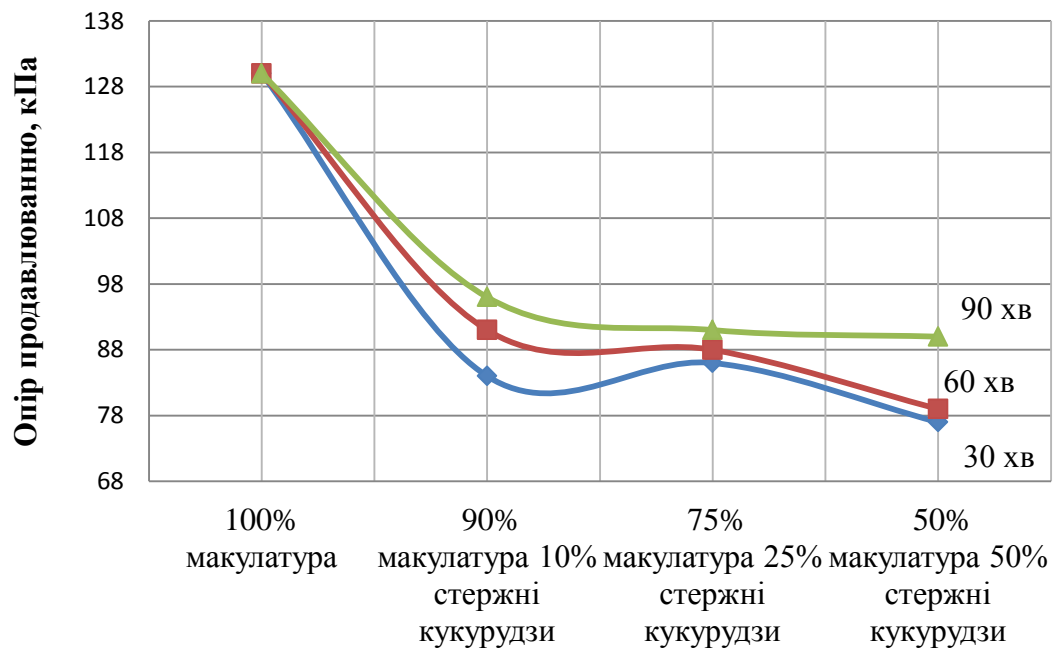




Рисунок 3.9 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ після мацерації та варіння тривалість 30, 60 та 90 хв.

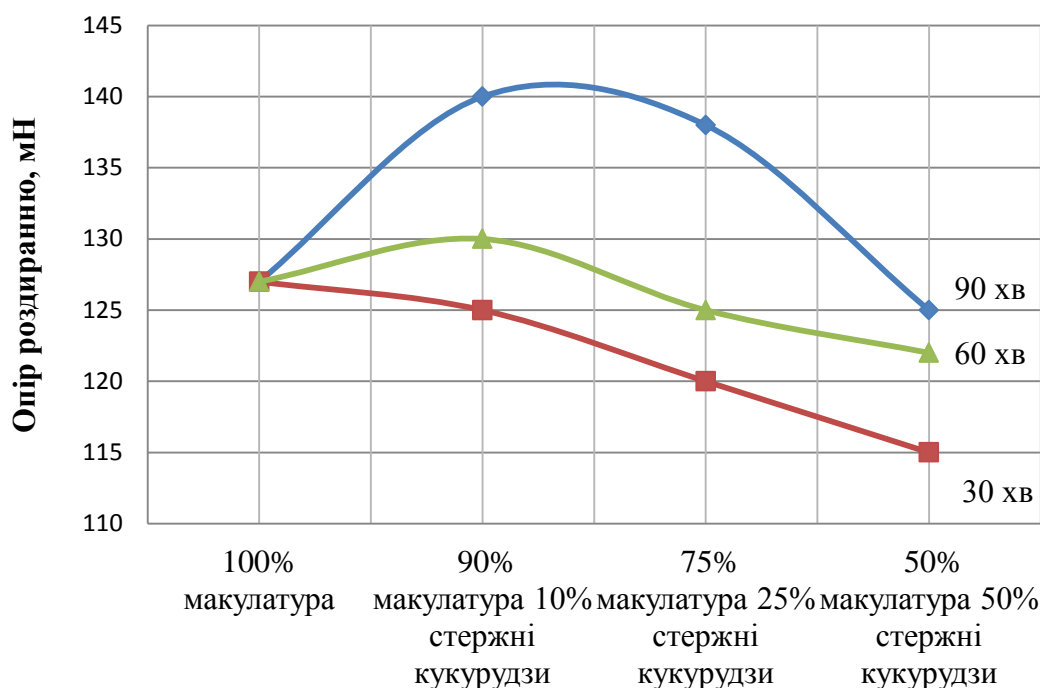


Рисунок 3.10 – Порівняння опору роздиранню ВНФ після мацерації та варіння тривалість 30, 60 та 90 хв.

З наведених графіків видно, що якість відливків залежить від кількості коротковолокнистої фракції ВНФ. Показники фізико-механічних досліджень демонструють те, що додавання в композицію макулатури покращує якість відливків. Додавання 10% макулатури підвищує значення розривної довжини на 12 %, але додавання 50% довговолокнистої фракції знижує якість отриманих ВНФ на 20%. Це показує те, що частково короткі волокна стержнів кукурудзи не втримувалися на довгих волокнах макулатури і проходили крізь сітку. Ці значення підтверджує показник опору продавлюванню. Зі збільшенням вмісту макулатури, показник знижується в середньому на 25 – 30%. Тривалість варіння дещо покращує показники якості на 10% у порівнянні

з мацерацією. Це пояснюється кращим просоченням сировини варильним розчином та кращим розмелюванням.

Використана композиція ВНФ із стержнів кукурудзи та макулатури порівнювалась зі стандартом на обгортковий папір та папір для пакування текстильних матеріалів. Отримані результати досягають значень стандартів.

### 3.7 Порівняльна характеристика показників якості волокнистих напівфабрикатів з бурякового жому за різної тривалості мацерації 30, 60 та 90 хв.

Проведення мацерації бурякового жому було здійснено за концентрації розчину NaOH 16 г/дм<sup>3</sup>, за тривалості 30, 60 та 90 хв. Дані, отримані під час дослідів наведено на рис. 3.11 – 3.13.

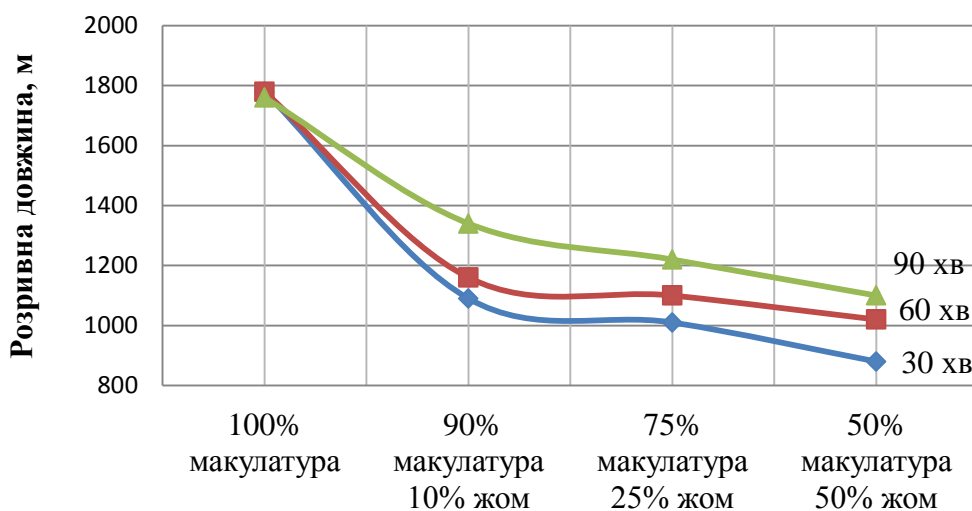


Рисунок 3.11 – Порівняння розривної довжини ВНФ після мацерації тривалістю 30, 60 та 90 хв.

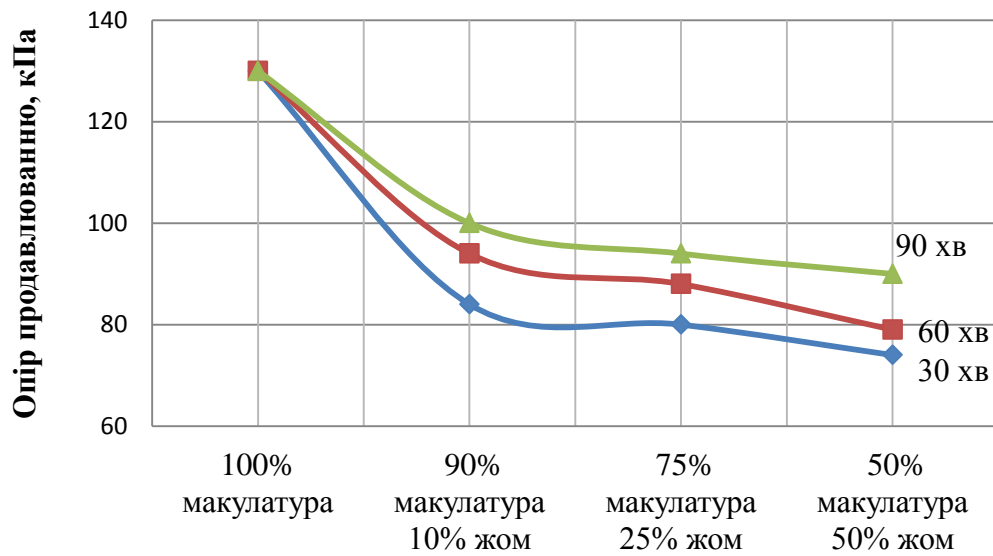


Рисунок 3.12 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ після мацерації тривалістю 30, 60 та 90 хв.

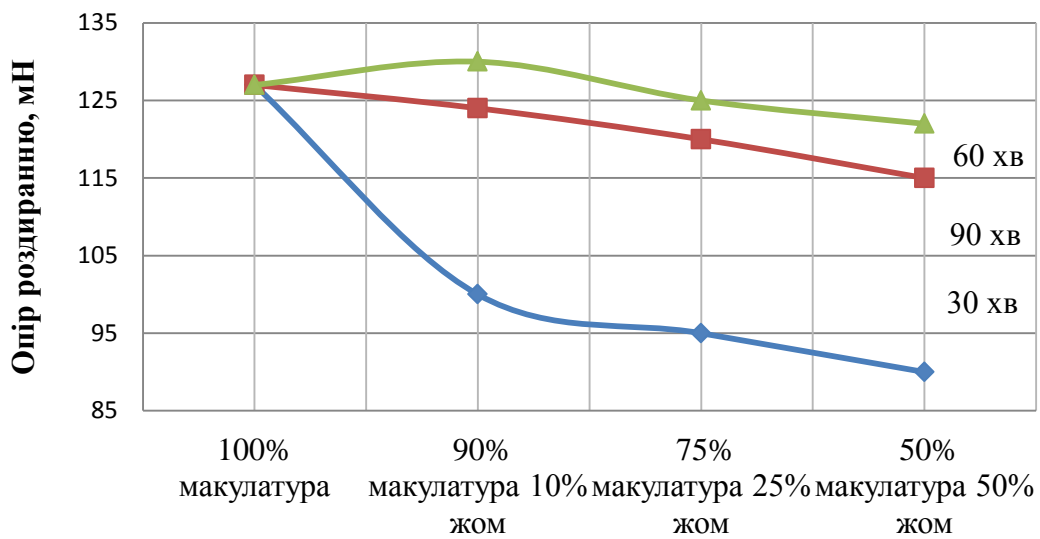


Рисунок 3.13 – Порівняння опору роздиранню ВНФ після мацерації тривалістю 30, 60 та 90 хв.

На основі аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що показники міцності отриманих ВНФ з підвищенням тривалості не суттєво змінюються в межах однієї сировини. Композиція ВНФ – 50 % макулатура та 50% жому погіршує фізико-механічні показники в

середньому на 8–10 %. За таких умов доцільним є збільшення кількості довгого волокна.

### 3.9 Порівняльна характеристика показників якості волокнистих напівфабрикатів з бурякового жому за різної тривалості мацерації та варіння

Було проведено мацерацію бурякового жому тривалістю 30, 60 та 90 хв. з наступним етапом обробки – варінням за тривалості 30, 60 та 90 хв. Виготовлення лабораторних відливків відбувалося в композиції: 100% макулатура, 90% макулатура та 10% ВНФ, 75% макулатура та 25% ВНФ, 50% макулатури та 50% ВНФ.

Аналізуючи отримані дані з фізико–механічних випробувань можна прослідкувати певну послідовність. Додавання в композицію макулатури погіршує фізико–механічні показники в середньому на 7–10 %. Частково це пояснюється слабкою здатністю утримування коротких волокон на довгих волокнах макулатури.

Отримані закономірності наведено на рис. 3.15– 3.17.

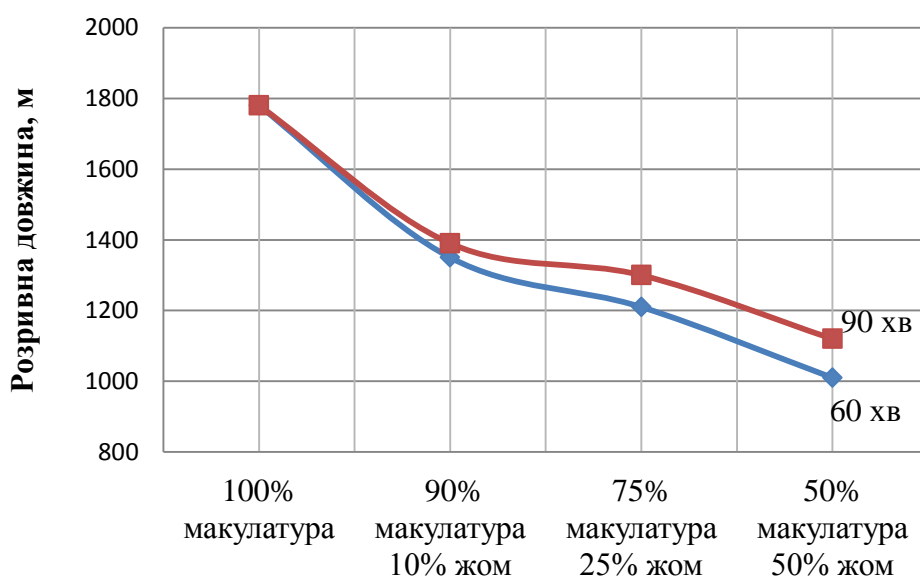


Рисунок 3.15 – Порівняння розривної довжини ВНФ після мацерації 60 та 90 хв та варіння тривалістю 60 та 90 хв.

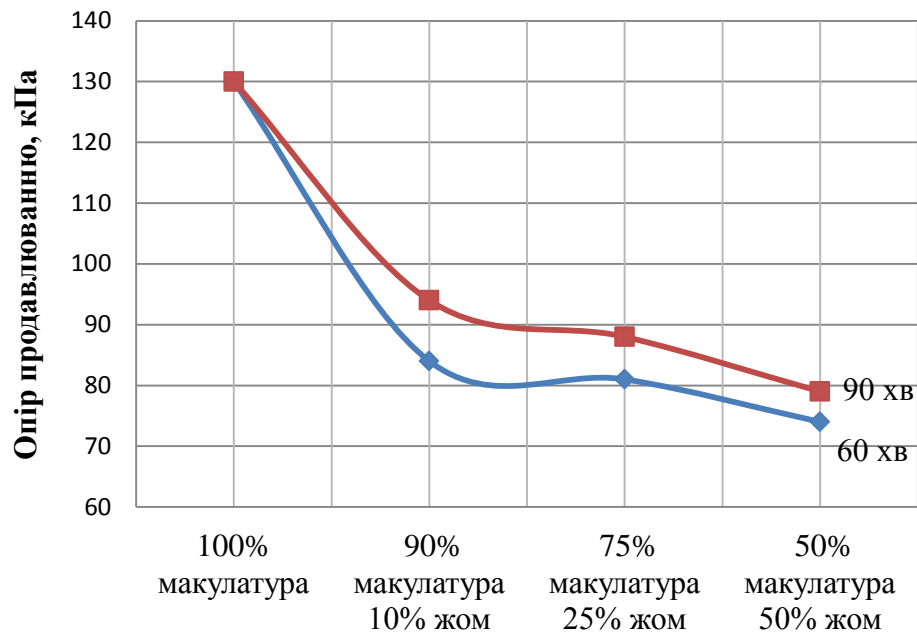


Рисунок 3.16 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ після мацерації 60 та 90 хв та варіння тривалістю 60 та 90 хв.

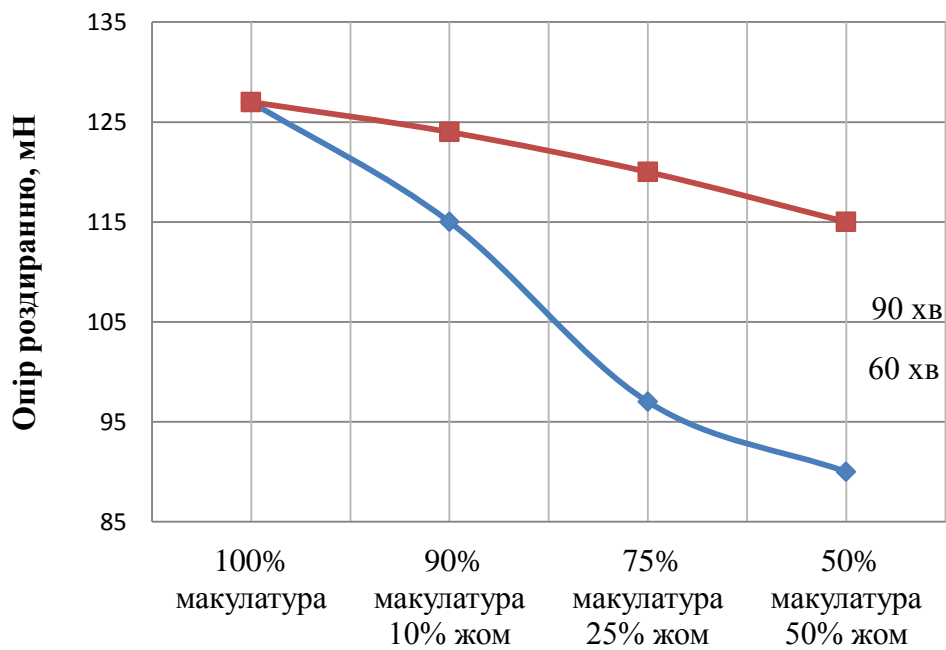


Рисунок 3.17 – Порівняння опору роздиранню ВНФ після мацерації 60 та 90 хв та варіння тривалістю 60 та 90 хв.

Додавання 50% макулатури знижує значення розривної довжини на

13 %, це явище пояснюється низькою здатністю до утримування коротких волокон бурякового жому на волокнах макулатури. Тривалість варіння дещо покращує показники якості на 8% у порівнянні з мацерацією.

### **3.10 Отримання зразків обгорткового паперу з використанням волокнистих напівфабрикатів із стержнів кукурудзи та бурякового жому**

Для виготовлення зразків обгорткового паперу використовували наступну композицію у відсотковому співвідношенні: 100% макулатури, 90 % макулатури та 10 % ВНФ, 75% макулатури та 25% ВНФ, 50% макулатури та 50% ВНФ. Макулатуру використовували з наступним складом: 33% макулатури – газетний папір марки МС–7Б, 33% макулатури – картон марки МС–5Б, 33% макулатури – офсетний папір МС–1А. Дані, які наведені на графіках, отримані в результаті мацерації 90 хв та варіння 90 хв.

Таблиця 3.5 – Якісні показники обгорткового паперу масою 80 г/м<sup>2</sup> з бурякового жому та макулатури у відсотковому співвідношенні

Тривалість процесу, хв	Композиція, % Макулатура/ВНФ	Розривне зусилля в Н (кгс)	Опір продавлюванню, кПа (кгс)	Ступінь проклеювання, мм
Мацерація 30 хв	90/10	–	–	0,75
	75/25	6,7 (0,67)	73,9 (0,74)	0,75
	50/50	7,7 (0,80)	56,8 (0,6)	1,0
Мацерація 60 хв	90/10	8,1 (0,81)	69,0 (0,7)	1,0
	75/25	7,3 (0,73)	70,0 (0,7)	–
	50/50	8,0 (0,80)	64,0 (0,64)	–
Мацерація 60 хв і	90/10	8,1 (0,81)	71,0 (0,8)	1,0

варіння 60 хв	75/25	7,0 (0,70)	69,0 (0,7)	–
	50/50	8,1 (0,81)	70,0 (0,7)	–
Мацерація 90 хв	90/10	8,6 (0,90)	85,0 (0,9)	1,0
	75/25	8,0 (0,80)	72,0 (0,75)	–
	50/50	8,0 (0,80)	77,0 (0,89)	–
Мацерація 90 хв і варіння 90 хв	90/10	9,5 (1,0)	74,8 (0,75)	1,0
	75/25	8,0 (0,80)	76,0 (0,8)	–
	50/50	8,5 (0,85)	68 (0,7)	–
ГОСТ 11600 – 75	–	24,5 (2,5)	116,0 (1,2)	1,0

Таблиця 3.6 – Якісні показники обгорткового паперу масою 80 г/м<sup>2</sup>  
із стержнів кукурудзи та макулатури у відсотковому співвідношенні

Тривалість процесу, хв	Композиція, % Макулатура/ВНФ	Розривне зусилля в Н (кгс)	Опір продавлюванню, кПа (кгс)	Ступінь проклею –вання
Мацерація 30 хв	90/10	14,0 (1,4)	84 (0,84)	1,0
	75/25	11,5 (1,2)	85,0 (0,85)	–
	50/50	10,9 (1,1)	79,0 (0,8)	–
Мацерація 30 хв і варіння 30 хв	90/10	13,0 (1,3)	87,0 (0,9)	–
	75/25	12,9 (1,3)	89,0 (0,9)	–
	50/50	10,2 (1,0)	79,0 (0,8)	–

Мацерація 60 хв	90/10	12,0 (1,2)	83,0 (0,84)	0,85
	75/25	10,0 (1,0)	86,6 (0,9)	—
	50/50	13,0 (1,22)	82,0 (0,82)	—
Мацерація 60 хв і варіння 60 хв	90/10	15,0 (1,5)	93,5 (0,94)	—
	75/25	12,0 (1,2)	88,0 (0,9)	—
	50/50	9,7 (1,0)	78,0 (0,8)	—
Мацерація 90 хв	90/10	15,0 (1,5)	98,0 (1,1)	0,85
	75/25	13,0 (1,25)	86,0 (0,9)	—
	50/50	11,0 (1,1)	79,0 (0,8)	—
Мацерація 90 хв і варіння 90 хв	90/10	12,0 (1,2)	86,0 (0,9)	1,0
	75/25	12,6 (1,3)	74,0 (0,74)	—
	50/50	11,9 (1,2)	77,8 (0,8)	—
ГОСТ 11600 – 75	—	24,5 (2,5)	120,0 (1,2)	1,0

На рис. 3.17 та 3.18 зображено графіки показників розривного зусилля та опору продавлювання у порівнянні зі стандартом.



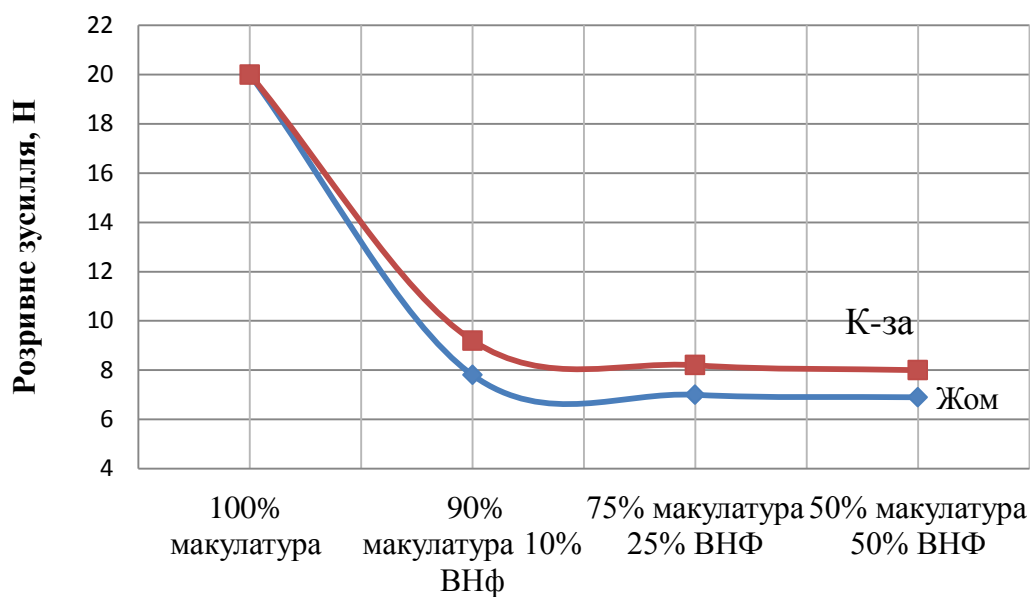


Рисунок 3.17 – Порівняння розривного зусилля ВНФ із бурякового жому та стержнів кукурудзи після мацерації 90 хв та варіння 90 хв

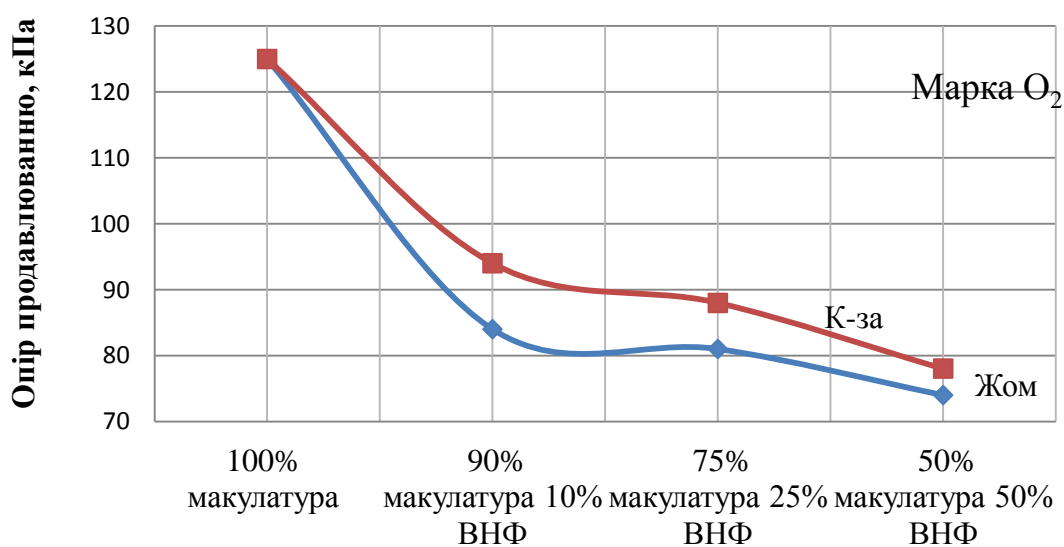


Рисунок 3.18 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ із бурякового жому та стержнів кукурудзи після мацерації 90 хв та варіння 90 хв

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що якість отриманих лабораторних зразків із стержнів кукурудзи та макулатури вищі, ніж зразки із жому та макулатури в середньому на 5–7%. У

порівнянні зі стандартом, якість отриманих ВНФ нижчі на 50–60%. Це пояснюється нерівномірним розподілом коротких волокон та частковою їх втратою крізь сітку.

### 3.11 Отримання зразків паперу для пакування текстильних матеріалів та виробів

Таблиця 3.7 – Якісні показники паперу для пакування текстильних матеріалів масою 83 г/м<sup>2</sup> з бурякового жому та макулатури у відсотковому співвідношенні

Тривалість процесу, хв	Композиція, % Макулатура/ВНФ	Розривне зусилля в Н (кгс)	Опір продавлюванню, кПа (кгс)	Ступінь проклеювання, мм
Мацерація 30 хв	90/10	–	–	0,75
	75/25	7,0 (0,67)	76,5 (0,8)	0,75
	50/50	8,0 (0,80)	57,8 (0,6)	1,0
Мацерація 60 хв	90/10	8,7 (0,81)	68,0 (0,7)	1,0
	75/25	7,5 (0,75)	72,0 (0,72)	–
	50/50	8,0 (0,80)	64,0 (0,64)	–
Мацерація 60 хв і варіння 60 хв	90/10	8,4 (0,85)	71,0 (0,8)	1,0
	75/25	8,0 (0,80)	69,0 (0,7)	–
	50/50	8,2 (0,83)	70,0 (0,7)	–
Мацерація 90 хв	90/10	7,6 (0,80)	85,0 (0,9)	1,0
	75/25	7,6 (0,80)	70,0 (0,70)	–
	50/50	7,3 (0,73)	71,0 (0,71)	–
Мацерація 90 хв і варіння 90 хв	90/10	8,5 (0,85)	74,8 (0,75)	1,0
	75/25	7,8 (0,80)	70,3 (0,7)	–
	50/50	8,3 (0,83)	69 (0,7)	–
ГОСТ 11600 – 75	–	24,5 (2,5)	120 (1,2)	1,0

Таблиця 3.8 – Якісні показники паперу для пакування текстильних матеріалів масою 83 г/м<sup>2</sup> з бурякового жому та макулатури у відсотковому співвідношенні

Тривалість процесу, хв	Композиція, % Макулатура/ВНФ	Розривне зусилля в Н (кгс)	Опір продавлюванню, кПа (кгс)	Ступінь проклеювання, мм
Мацерація 30 хв	90/10	13,6 (1,4)	83,4 (0,84)	1,0
	75/25	11,5 (1,2)	84,0 (0,84)	—
	50/50	10,7 (1,1)	77,0 (0,8)	—
Мацерація 30 хв і варіння 30 хв	90/10	13,0 (1,3)	87,0 (0,9)	—
	75/25	12,0 (1,2)	86,0 (0,88)	—
	50/50	10,2 (1,0)	79,0 (0,8)	—
Мацерація 60 хв	90/10	12,0 (1,2)	83,0 (0,84)	0,85
	75/25	10,0 (1,0)	86,6 (0,9)	—
	50/50	13,0 (1,22)	82,0 (0,82)	—
Мацерація 60 хв і варіння 60 хв	90/10	14,0 (1,4)	91,5 (0,92)	—
	75/25	12,0 (1,2)	88,0 (0,9)	—
	50/50	9,0 (0,9)	79,0 (0,8)	—
Мацерація 90 хв	90/10	15,0 (1,5)	95,0 (0,95)	0,85
	75/25	13,0 (1,25)	86,0 (0,9)	—
	50/50	11,0 (1,1)	79,0 (0,8)	—
Мацерація 90 хв і варіння 90 хв	90/10	12,0 (1,2)	86,0 (0,9)	1,0
	75/25	12,1 (1,2)	72,0 (0,75)	—
	50/50	11,7 (1,2)	77,0 (0,89)	—
ГОСТ 11600 – 75	—	24,5 (2,5)	120,0 (1,2)	1,0

Для виготовлення зразків паперу для пакування текстильних матеріалів використовували наступну композицію у відсотковому співвідношенні: 100% макулатури, 90 % макулатури та 10 % ВНФ, 75% макулатури та 25% ВНФ, 50% макулатури та 50% ВНФ

Макулатуру використовували складом: 33% макулатури – газетний папір марки МС–7Б, 33% макулатури – картон марки МС–5Б, 33% макулатури – офсетний папір МС–1А.

Дані, які наведені на графіках, отримані в результаті мацерації 90 хв та варіння 90 хв.

На рис. 3.19 та 3.20 зображено графіки показників розривного зусилля та опору продавлювання у порівнянні зі стандартом на папір для текстильних матеріалів.

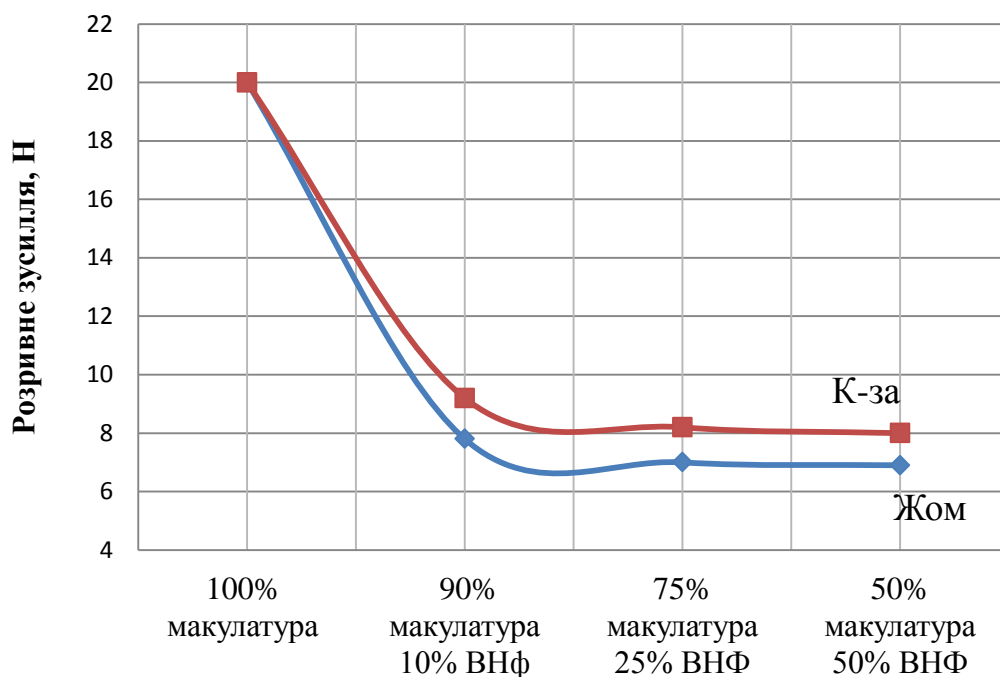


Рисунок 3.19 – Порівняння розривного зусилля ВНФ із бурякового жому та стержнів кукурудзи після мацерації 90 хв та варіння 90 хв

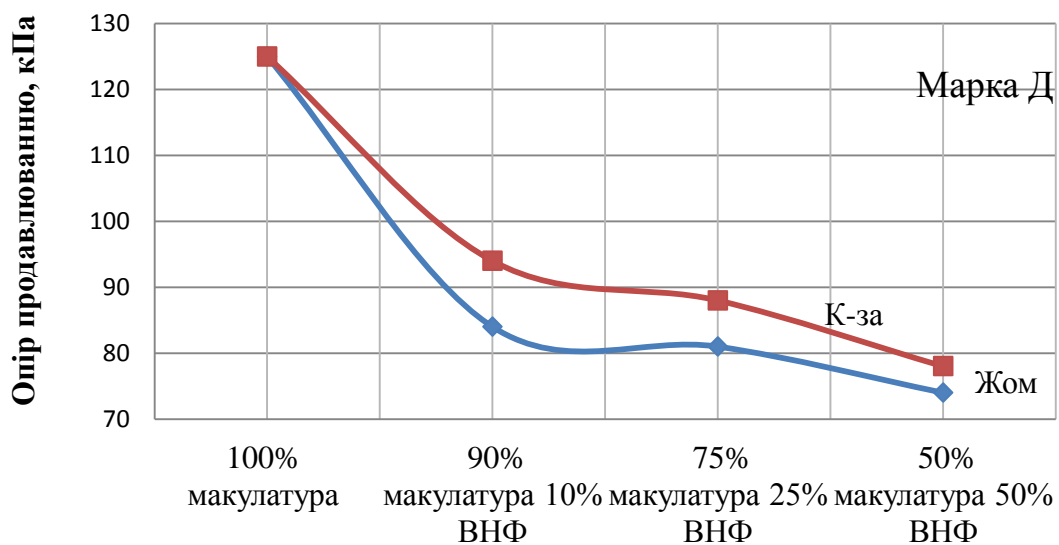


Рисунок 3.20 – Порівняння опору продавлюванню ВНФ із бурякового жому та стержнів кукурудзи після мацерації 90 хв та варіння 90 хв

Використана нами композиція ВНФ з жому та стержнів кукурудзи з макулатурою у відсотковому співвідношенні порівнювалась зі стандартом на папір для пакування текстильних матеріалів та виробів. За руйнівним зусиллям та абсолютним опором продавлюванню не досягає значень марки даного паперу, що частково можна пояснити великими втратами дрібного волокна крізь сітку.

## 4 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ТА ДОСЯГНЕННЯ НОРМАТИВНИХ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ОБГОРТКОВОГО ПАПЕРУ

Метою даного етапу досліджень є розроблення математичних залежностей та пошук оптимального співвідношення компонентів вихідних напівфабрикатів в композиції обгорткового паперу, яке б забезпечувало дотримання вимог нормативної документації (НД) на показники міцності отриманого продукту.

Вирішення задач такого класу має базуватися на використанні можливостей методу математичного моделювання в поєднанні із сучасним рівнем розвитку засобів обчислювальної техніки.

### 4.1 Вибір факторів та визначення інтервалів їх варіювання

Проведені в лабораторних умовах попередні дослідження дали можливість визначитися з факторами та інтервалами їх варіювання.

В табл. 4.1 наведені фактори, які за результатами попередніх досліджень, на думку дослідника, необхідно включити до матриці експерименту.

Таблиця 4.1 - Найменування факторів та діапазони їх значень

Діапазон варіювання факторів	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
	Вміст в композиції ВНФ із бурякового жому, %	Вміст в композиції макулатури, %	Мацерація, хв	Варіння, хв	Маса 1 м <sup>2</sup> відливків, г
Нижній	50,0	10,0	30,0	0,0	75
Верхній	90,0	50,0	60,0	60,0	80

### 4.2 Вибір параметрів оптимізації

В якості параметрів оптимізації вибрано такі показники:

- розривне зусилля в машинному напрямку, Н, ( $Y_1$ );
- абсолютний опір продавленню, кПа, ( $Y_2$ ).

#### 4.3 Розроблення матриці експериментальних досліджень

В табл. 4.2 наведено матрицю експериментальних досліджень, друга частина якої – це результати фізико-механічних випробувань зразків паперу.

При розробленні матриці експерименту враховувалося, що проведення експериментальних досліджень повинно відбуватися в достатньо широкому діапазоні зміни вхідних факторів. Це надає експериментатору можливості на етапі експериментальних досліджень одержати максимум інформації про досліджувані властивості отриманого продукту та використати в подальшому її при створенні відповідних математичних залежностей.

Таблиця 4.2 – Матриця експериментальних досліджень

Варіант	Фактори					Параметри оптимізації	
						Розривне зусилля в машинному напрямку, Н	Абсолютний опір продавленню, кПа
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$Y_1$	$Y_2$
1	75	25	30	0	76,6	6,7	73,9
2	50	50	30	0	76,6	7,7	56,8
3	90	10	60	0	79,6	8,1	66,9
4	75	25	60	0	79,6	7,3	69,8
5	50	50	60	0	77,5	8,0	62,6
6	90	10	60	60	80,0	8,1	70,7
7	75	25	60	60	80,0	7,9	67,0
8	50	50	60	60	76,4	8,2	70,0

#### 54.4 Розроблення адекватних математичних моделей досліджуваних процесів

Якщо результати експериментальних досліджень, що наведені в табл. 4.2, являють собою інформаційний (цифровий) макет об'єкта, який ми досліджуємо, то математичні моделі (описи) – це закодована (стисла) інформація про вплив, який мають вхідні фактори на фізико-хімічні показники міцності отриманих зразків паперу.

Математична модель, у відповідності із своїм призначенням, повинна з максимальним ступенем істинності відображати механізми процесів, що вивчаються. Саме тому розроблення та подальше дослідження математичних моделей – це цілеспрямоване використання інформації з метою надати можливість експериментатору прослідкувати та вивчити закономірності змінювання досліджуваних властивостей отриманого матеріалу в залежності від значень, які будуть надані вхідним факторам.

На цьому етапі авторами пропонується використання методології синтезу математичних моделей, розробка якої була проведена в 80-і роки минулого століття Інститутом Кібернетики ім. Глушкова АН УРСР. Як показала практика використання цієї методології, найбільш ефективним для розроблення математичних моделей є використання методу групового урахування аргументів (МГУА).

Особливістю та перевагами такої методології є те, що функція розробки виду математичної моделі, яка адекватно описує процес (явище), а також визначення її складності, передається комп'ютеру, що використовує для цієї мети спеціально розроблене математичне забезпечення. У розпорядження комп'ютеру надається набір елементарних залежностей (функцій) і його роль зводиться до того, щоб визначити вид залежності та складність цієї залежності, яка адекватно описує процес (явище) у всій області досліджуваного факторного простору. Завдання експериментатора на цьому етапі зводиться до розумного обмеження складності математичної моделі.



У відповідності з масивом експериментальних даних (див. табл.5.2) в роботі створені математичні описи за тими ж показниками, що були в результаті випробувань зразків паперу, а саме: ( $Y_1 - Y_2$ ).

*а) математична модель за показником розривного зусилля в машинному напрямку,  $H$ , ( $Y_1$ );*

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_1 = 7,0 + 1,28 \cdot 10^{-7} \cdot X_3^3 \cdot X_5 + 1,77 \cdot 10^{-7} \cdot X_2^4 - 1,90 \cdot 10^{-7} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3^2 + 2,47 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_4 - 9,70 \cdot 10^{-3} \cdot X_3 \quad (5.1)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,22%.

*б) математична модель за показником абсолютного опору продавленню,  $\kappa\text{Па}$ , ( $Y_2$ )*

Математична модель має такий вигляд:

$$Y_2 = 106,80 + 8,17 \cdot X_2 \cdot \sin(X_3) - 8,23 \cdot 10^{-3} \cdot X_3 \cdot X_5 + 3,52 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,32 \cdot 10^{-1} \cdot \sin(X_2) \cdot X_4 + 3,35 \cdot 10^{-2} \cdot X_4 \cdot \sin(X_5) \quad (5.2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 5,87%.

## 5 СТАРТАП - ПРОЕКТ

В основу стартапу закладено результати магістерської дисертації, на основі яких був запроваджений патент на корисну модель.

### Опис ідеї стартапу

Зміст ідеї полягає у вдосконаленні та провадженні на виробництві способу обробки рослинної сировини з отриманням волокнистих напівфабрикатів, що включає введення у варильний апарат бурякового жому та варильного розчину з подальшим варінням за заданих режимів. Варіння стержнів кукурудзи проводять за температури 96 – 98 °С, протягом 30, 60 та 90 хвилин, витратами активного луку 16% в од. Na<sub>2</sub>O від маси абс. сух. сировини, варильним розчином та наступним гарячим розмелювання маси.

Отриманий волокнистий напівфабрикат із недеревної рослинної сировини може бути використаний для виробництва обгорткових видів паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів.

Провівши попередній огляд інформації щодо значень техніко-економічних показників для запропонованого проекту та товарів – замінників, що вже існують на ринку, було проведено аналіз сильних, слабких сторін (табл. 5.1).

З наведених результатів можна стверджувати, що запропонований стартап- проект є конкурентоздатним [31].

## **6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Відповідно до закону України про охорону праці розроблено заходи, щодо безпечних умов праці в науково-дослідній лабораторії при виконанні експерименту.

В науково-дослідній роботі досліджувався вплив процесу мацерації та варіння на недеревну рослинну сировину. Під час виконання експериментів використовувались небезпечні та токсичні речовини - концентрований розчин гідроксиду натрію.

Науково-дослідна робота виконувалась в умовах приміщення навчальної лабораторії кафедри Е та ТРП «КПІ». Площа підлоги лабораторії 180 м<sup>2</sup>, об'єм 1260 м<sup>3</sup>. В приміщенні працювало 10 осіб. На кожного припадало 18 м<sup>2</sup> підлоги і 126 м<sup>3</sup> об'єму приміщення, що відповідає санітарним вимогам СН 245-71.

Під час виконання експериментальної частини були виявлені такі небезпечні виробничі фактори, як:

- 1) повітря робочої зони;
- 2) виробниче освітлення;
- 3) виробничий шум та вібрації;
- 4) небезпека враження електричним струмом;
- 5) небезпека механічних травм;
- 6) пожежна безпека.

Як видно з методики науково-дослідної роботи, під час експериментальних досліджень використовувались шкідливі компоненти і матеріали, скляний хімічний лабораторний посуд та застосовувались електрична, механічна і теплова енергії. Експериментальна частина роботи виконана з дотриманням всіх вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки відповідно ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процеси виробничі», «Загальні вимоги безпеки».

## **6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників під час виконання експериментальної частини магістерської дисертації**

### **6.1.1 Повітря робочої зони**

Робота, що виконувалась в хімічній лабораторії НТУУ «КПІ» належить до категорії 16 і характеризується як легка, що не потребує систематичної фізичної напруги.

Робота виконувалась в приміщенні науково-дослідної лабораторії №112-4. Слід зазначити, що енерговитрати організму під час виконання сидячи, стоячи або пов'язаних з ходьбою, що супроводжується деякими фізичними навантаженнями становлять 120-150 ккал/г (138-172 Дж/с).

Мікроклімат в лабораторії відповідає нормам ДСН-3.3.6042-99 за температурою повітря, оскільки в роботі використовувались шкідливі речовини. Робота в лабораторії представляє реальну загрозу через вірогідність отримання працівниками професійних захворювань і отруєнь внаслідок контакту з хімічними речовинами (табл. 5.2), які шкідливо впливають на організм людини.

Швидкість руху повітря, що всмоктується у витяжну шафу через робочий отвір, більше 0,35 м/с у разі видалення пари і газів, що мають малу токсичність і 0,5 м/с у разі видалення сильнодіючих шкідливих речовин (І і ІІ клас небезпеки). Швидкість руху повітря в отворі витяжної шафи становить 0,1 м/с.

Відносну вологість визначають стаціонарним психометром, а температуру повітря в лабораторії вимірюють за допомогою спиртового термометра. Для вимірювання швидкості руху повітря в лабораторії використовується анемометр марки АСО-3

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика лабораторії

Найменування лабораторії	НД лабораторія №112-4 кафедри Е та ТРП
Речовини, що виділяються та причини їх виділення	Під час приготування розчину гідроксиду натрію 20 г/л та 30 г/л утворюються випари
Група шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг м <sup>3</sup>	При надходженні в організм парів гідроксиду натрію викликає подразнення слизових оболонок та

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно ДБНВ 2.5.28-2006 лабораторія № 112-4 за умовами зорової роботи належить до розряду IV а. В приміщенні передбачено природне, штучне і комбіноване освітлення. Природне освітлення є боковим. Штучне освітлення – загальне, рівномірне, люмінесцентне. В лабораторії передбачено робоче, чергове і аварійне освітлення. В табл. 6.3 наведено норми освітленості лабораторії і її фактичні значення.

Фактичне значення штучного освітлення в лабораторії дорівнює 320 лк. В лабораторії використовується природне освітлення, для штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи з потужністю 250 Вт, напругою мережі 220 В, світловим потоком 11000 лм, які вмонтовані в світильники типу ПВМ-1-2х40. Освітлення в витяжній шафі забезпечується також світильником НОБ-300.

Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами білого кольору ЛБ-40, що мають злегка жовтуватий спектр.

$$E_{\phi} > E_n > 300 \text{ лк}; E_{\phi} = 325 \text{ лк}$$

$$E_n = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot K \cdot Z}.$$

Для ламп ЛБ-40:  $S = 180 \text{ м}^2$ ;  $\Phi_{\text{л}} = 3200 \text{ лм}$ ;  $\eta = 0,53$ ;  $K = 1,8$ ;  $Z = 1,1$ .

$$N \cdot n = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot S \cdot K \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{325 \cdot 180 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{3200 \cdot 0,53} = 58,74.$$

Кількість ламп приймаємо 60, тобто 30 світильників, по 2 лампи в кожному.

Таблиця 4.3 – Норми освітлення і КПО при бічному і поєднаному освітленні відповідно до ДБНВ 2.5.28-2006

Розряд і підрозряд зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО при бічному штучному освітленні	КПО при комбінованому освітленні
	комбінована	загальна	фактична		
IV а	750	300	200	1,5	0,9

По функціональному призначенню, в лабораторії Е та ТРП передбачено робоче, аварійне і ремонтне освітлення.

### 6.3 Небезпека ураження електричним струмом

Лабораторія Е та ТРП за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до підвищено небезпечних підвищень II класу, що характеризується, як особливо небезпечна, у зв'язку з можливістю одночасного дотику до металевих корпусів електроустаткування і до сполучених із землею струмопровідних предметів.

Електроустаткування в лабораторії У та ТРП живить від трифазної чотирьох-провідної мережі змінного струму, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

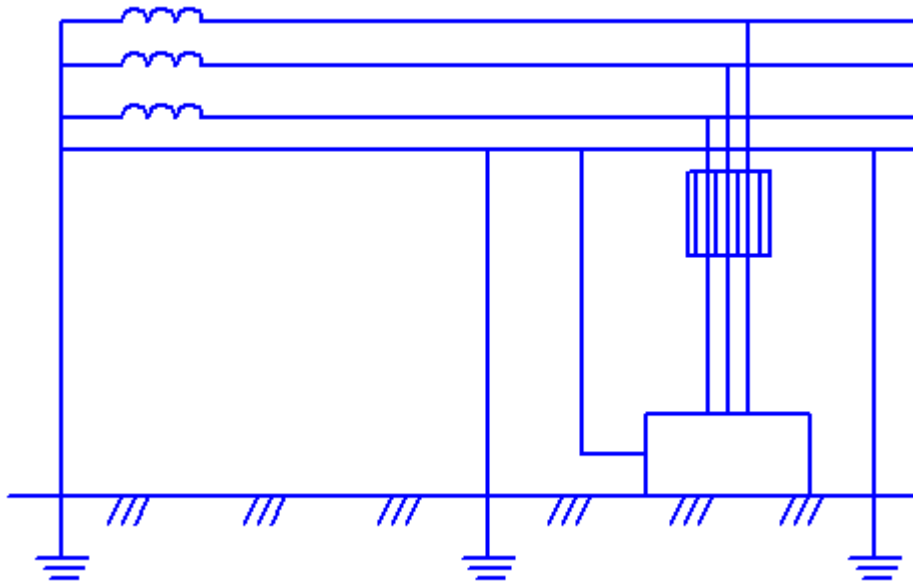


Рисунок 4.3 – Схема занулення електрообладнання в трифазних мережах зі зміщенням нульовим провідником

Безпечність експлуатації при нормальному режимі роботи електрообладнання забезпечується такими захисними мірами: використання ізоляції, недоступність струмоведучих частин, блокування безпеки, методи орієнтації, використання малих напруг, ізоляція електричних вузлів від землі. Блокування безпеки в лабораторії представлені у вигляді механічного блокування у вигляді загального вимикача, що загалом вимикає струм у лабораторії.

Засоби орієнтування дозволяють персоналу орієнтуватися при виконання робіт і попереджують його від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркування частин електроприладу, попереджувальні сигнали, попереджувальний знак «Обережно! Електрична напруга».

Мала напруга – це номінальна напруга не більше 42 В між фазами і по відношенню до землі, що застосовується з метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом.

Захисне заземлення – це свідоме електричне з'єднання частин електроустановки з пристроєм, що заземлює, для забезпечення електробезпеки.

На кожному пристрої, що знаходиться в експлуатації, на елемент, що складається паспорт, який включає схеми заземлення, основні технічні дані, дані про результати перевірки, характеристика ремонтних та оглядових робіт.

Занулення – нависне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які опинитися під напругою (корпуси електроустаткування, кабельні конструкції, сталеві труби тощо).

Метою занулення є усунення небезпеки ураження людини під час пробою на корпус обладнання однієї фази мережі електричного струму. Ця мета досягається внаслідок швидкого відімкнення максимальним струмовим захистом частини мережі, на якій трапилося замикання на корпус.

Завдяки підключенню до нейтральної точки джерела всіх струмонепровідних частин обладнання, однофазне замикання на корпус перетворюється в однофазне коротке замикання, яке призводить до спрацьовування максимального струмового захисту.

Захисне занулення виконують з метою:

- 1) забезпечення нормальних режимів роботи установки;
- 2) забезпечення безпеки людей у разі пошкодження ізоляції мережі струмопровідних частин;
- 3) захисту електроустаткування від перенапруги;
- 4) захисту людей від статичної електрики;

Найбільш вірогідна причина ураження електричним струмом в лабораторії – випадковий дотик до оголених струмопровідних частин електроустаткування, а також до дротів з пошкодженою ізоляцією. До



організаційних причин електротравм належать травми, отримані внаслідок неправильного виконання організаційних заходів безпеки, а також невідповідність роботи завданню. До організаційно-соціальних причин електротравм – травми, пов'язані з роботою в неурочний час, невідповідність роботи спеціальності і порушення трудової дисципліни.

Струм короткого замикання розраховується за формулою:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\phi}}{r_0 + z'}$$

де  $U_{\phi} = 220$  – фазова напруга, В;

$r_0 = 0,4$  – опір заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{220}{0,4 + 0,2} = 366,67 \text{ A,}$$

$$I_{\text{к.з. ном.}} = 100 \text{ A,}$$

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82  $I_{\text{к.з.}} > 3I_{\text{к.з. ном.}}$ .

Як видно з порівняння розрахункових даних з нормативними, у разі порушення вимог правил електробезпеки в лабораторії Е та ТРП можуть виникати важкі ушкодження електричним струмом і навіть із смертельним результатом.

#### **6.4 Небезпека виконання експерименту**

Основна небезпека отримання механічних ушкоджень полягає у застосуванні в ході експерименту скляного посуду. Травми можуть бути наслідком використання надбитого посуду.

Під час виконання експерименту використовувався цілий і за необхідності термостійкий посуд.

Також в хімічній лабораторії існує небезпека отримання механічних травм під час роботи зі скляним посудом, у разі неправильної експлуатації термостійкого посуду, внаслідок чого можуть виникати опіки.

Більша частина таких нещасних випадків належить до категорії легких травм і мікротравм. До них належать порізи шкіри рук, дія агресивних речовин, опіки, які виникають під час використання гарячого посуду. Особливо небезпечні порізи скалками, які забруднені хімічними речовинами, оскільки у цьому разі можливе потрапляння хімічних речовин в кров.

Найбільшу небезпеку для людини під час роботи в лабораторії представляють:

1. Контактуювання зі шкідливими хімічними речовинами.

Велику небезпеку з мінеральними кислотами та лугами, які потрапляючи на поверхню шкіри викликають хімічний опік, і у випадку неправильного надання першої медичної допомоги, ще й термічний. Потрапляння аміаку в очі викликає опік ока і може призвести до сліпоти.

2. Робота з несправними електричними приладами.

У разі несправності електричних розеток і під час роботи з несправними електроприладами існує небезпека враження електричним струмом.

3. Робота зі скляним хімічним посудом.

У разі необережної роботи зі скляним посудом існує небезпека травмування працюючого розбитим склом та отримання хімічних опіків.

До робіт в хімічній лабораторії допускаються люди не молодші 18 років, ознайомлені з правилами роботи в лабораторії і які пройшли інструктаж з охорони праці.

Безпечність проведення експерименту забезпечується шляхом дотримання правил техніки безпеки. Під час роботи в лабораторії повинно завжди знаходитись не менше двох осіб.

На основі можливості безпеки виконання робіт повинні здійснюватись наступні заходи:

- 1) всі працюючі повинні бути забезпечені спеціальним одягом;

- 2) для захисту очей повинні застосовуватись захисні окуляри;
- 3) у роботі повинен використовуватись тільки цілий скляний посуд;
- 4) до робочих місць повинні бути підведені шланги з кранами, які легко відкриваються для подачі води;
- 5) всі упаковки з реактивами повинні бути підписані і зберігатись таким чином, щоб виключати безпосередню близькість речовин, які можуть взаємодіяти одна з одною, викликаючи пожежу чи вибух;
- 6) на робочих місцях необхідно дотримуватись чистоти.

В лабораторії є медична аптечка, водопровідний кран, мило і рушник для рук, а також шланг на крані для промивання очей.

### **6.5 Атестація робочих місць**

Виконуючи дослідну роботу проводимо атестацію робочого місця в хімічній лабораторії. Ступінь шкідливості факторів виробничого середовища і тяжкості робіт встановлюємо в балах за наступними критеріями: оцінка впливу одного фактору на стан умов праці враховується довгочасністю його дії під час зміни. Бали, встановлені за ступенем шкідливості факторів і тяжкості робіт, корегуються за формулою:

$$X_{\text{факт.}} = X_{\text{ст}} \cdot T,$$

де  $X_{\text{ст}}$  – ступінь шкідливості фактору, або тяжкості робіт, який встановлюється за показниками гігієнічної класифікації;

$T$  – відношення часу дії фактору до терміну робочої зміни.

Розмір доплат залежно від фактичного стану умов праці встановлюється керівництвом організації залежно від суми значень  $X_{\text{факт.}}$ . У випадку обмежень можливості проведення інструментальних вимірів або розрахунку факторів виробничого середовища допускається, у порядку виключення, застосування методу експрес-оцінки стану умов

праці за критеріями. При цьому, оцінка 3 бали дається тільки на основі інструментальних вимірів.

З урахуванням вищезгаданих даних проведемо атестацію робочого місця інженера-дослідника в лабораторії Е та ТРП (табл. 5.4).

Як впливає з наведених даних карти, умови праці на робочому місці є шкідливими. Таким чином, робоче місце дослідника підлягає раціоналізації, про що сказано нижче у відповідному параграфі «Заходи щодо охорони праці».

Таблиця 6.4 – Карта умов праці на робочому місці дипломника в лабораторії НТУУ «КПІ».

Чинники виробничого середовища	ГДК, мг м <sup>3</sup>	Фактичне значення, мг м <sup>3</sup>	Ступінь шкідливості	Тривалість впливу за зміну	Фактична шкідливість $X_{\text{факт.}}$ балів
Шкідливі хімічні речовини, мг м <sup>3</sup> II клас небезпеки					
$CaSO_4$	0,1	0,2	1	0,4	0,4
$HCl$	0,5	-	-	0,4	-
I клас небезпеки $ZnSO_4$	0,01	-	-	0,4	-
Освітленість, лк	300	220	1	0,5	0,5
Мікроклімат у приміщенні:					
температура, °C;	20-24	16-18	1	0,8	0,8
швидкість руху повітря, м/с;	0,2	0,1	-	0,8	-
відносна вологість, %	75	40-60	-	0,8	-

$X_{\text{факт.}} = 1,7$  балу. Розмір доплати за умови праці – 4%.

## **6.6 Пожежна безпека у надзвичайних ситуаціях**

Можливими причинами виникнення пожежі під час виконання дипломної роботи є:

- 1) коротке замикання, викликане пошкодженнями електроізоляції устаткування;
- 2) перевищення навантаження електроустаткування, що призводить до нагрівання і загоряння електропроводки;
- 3) недотримання правил пожежної безпеки.

Для забезпечення пожежної безпеки в лабораторії застосовуються наступні заходи:

- 1) до самостійної роботи допускаються особи, що пройшли протипожежний інструктаж;
- 2) зберігання реактивів і матеріалів здійснюється в окремій тарі під витяжною або в спеціальній шафі;
- 3) для обмеження поширення вогню у разі пожежі в приміщенні використовуються протипожежні перешкоди – стіни, двері і перекриття, що не займаються;
- 4) вентиляційна система виготовлена з вогнестійкого і термостійкого матеріалу;
- 5) у разі виникнення надзвичайної ситуації використовується повітряний апарат МПА, який призначений для захисту органів дихання і зору від впливу високотоксичного газового середовища під час виконання технічних та рятувальних робіт, а також для нетривалих робіт під час огляду запірного устаткування, ліквідації витoku газу і шкідливих рідин.
- 6) для забезпечення пожежної безпеки у лабораторії використовуються порошкові установки для гасіння пожеж САМ-9, з наступними характеристиками: маса пожежогасної речовини – 9 кг, робочий тиск в корпусі – 1,4 МПа, робочий газ – повітря чи азот,

температура руйнування теплового замка – 72 °С, захисна площа – 12 м<sup>2</sup>, середній термін служби – 10 років.

7) для забезпечення пожежної безпеки приміщення лабораторії № 112-4 оснащено переносними вуглекислими вогнегасниками типу ОУ-3 із наступними характеристиками: місткість корпусу – 3 л, діапазон температурного використання від -20 до +50 °С, робочий тиск – 5,8 МПа, строк служби – 10 років.

У приміщенні лабораторії є автоматична пожежна сигналізація з тепловими датчиками, розташованими на стелі. Для захисту від загоряння прилади оснащені плавкими запобіжниками. Для пригнічення вогнищ пожежі в спеціальному приміщенні, що примикає до лабораторії, є вогнегасники типу ОУ-5, ящики з піском, щільна матерія для ізоляції кисню. Також передбачений внутрішній протипожежний водопровід.

Для захисту електропроводки від механічних і хімічних руйнувань застосовується її приховане виконання, внаслідок якого вона менш схильна до впливу агресивного середовища. Місця прокладення кабелів надійно футеровані, кабелі мають цілісну оболонку і броню. Застосовуються підземні кабельні лінії. Для захисту від прямих ударів блискавки, будівля оснащена громовідводом стержневого типу. Захист від вторинних дій блискавки здійснюється заземленням усієї металевої апаратури всередині і поза будівлею. Для запобігання занесенню високих потенціалів застосовані підземні кабельні лінії, оболонка і броня яких приєднана до захисного заземлення. Трубопроводи також заземлені.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково–технічної інформації показує, що на території України є практично необмежена сировинна база, у зв'язку з великою кількістю підприємств, які займаються харчовою промисловістю. З усіх галузей харчової промисловості найбільшу масу відходів отримують під час переробки кукурудзи та в цукровому виробництві. Наведений хімічний склад бурякового жому та стержнів кукурудзи дає можливість використання у виробництві волокнистих напівфабрикатів з метою отримання таких видів паперу, як паперу для пакування текстильних матеріалів або обгорткового паперу.

2. Визначено, що із 100 % волокнистого напівфабрикату із стержнів кукурудзи та бурякового жому практично неможливо отримати лабораторні зразки, із – за великої кількості дрібних волокон та наявності пектинів у волокнистих напівфабрикатах із жому, що призводить до злипання зразків з сіткою.

3. Наведений аналіз фізико – механічних показників ВНФ, отриманих із стержнів кукурудзи показує, що найбільший вплив має тривалість мацерації до максимальної – 90 хв. Подальше варіння мацерованої сировини не покращує показники міцності отриманих ВФН. Таку закономірність можна пояснити не тільки якісними показниками ВНФ, але і взаємним впливом композиції макулатури і ВНФ.

4. Визначено, що для бурякового жому підвищення тривалості мацерації несуттєво впливає на фізико – механічні показники. Проведення процесу варіння після мацерації також не дозволяє поєднати показники міцності, що можна пояснити глибокою делігніфікацією під час мацерації, в результаті якої розчиняється приблизно 87 % лігніну, за рахунок використання більш концентрованого розчину NaOH, варіння попередньо мацерованої сировини з бурякового

жому після мацерації відбувається більш розбавленим розчином, що і не призводить до подальшої делігніфікації.

5. Отримано волокнисті напівфабрикати із стержнів кукурудзи та бурякового жому, які характеризуються малою довжиною волокна, тому для дослідження використовували композицію з макулатурою марок МС – 7Б, МС – 5Б, МС – 1А.

6. Досліджено, що збільшення вмісту короткого волокна у композиції паперу для пакування текстильних матеріалів із жому та стержнів кукурудзи суттєво знижує показники міцності, що не дозволяє отримати папір із задовільними показниками.

7. Показано, що додавання волокнистих напівфабрикатів, отриманих натронним способом із бурякового жому та стержнів кукурудзи до макулатури знижує показники міцності обгорткового паперу та паперу для пакування текстильних матеріалів.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белік В. Стан та проблеми цукрової промисловості. Техніка АПК. – 2003. с. 34–36.
2. Скорик К.Д. Якість цукру: вимоги, контроль, менеджмент: Навч. Посібник.– К.: «Сталь», 2009.– 99 с.
3. Сучасні схеми і обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку: Навчальний посібник. – К.:ІПДО НУХТ, 2006. – 240 с.
4. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства В 2-х ч. Ч.1. В. О. Штангеев, В. Т. Кобер, Л. Г. Белостоцкий и др.; Под ред. В.О.Штангеева. – К.: "Цукор України", 2003. – 352 с.
5. Гусятинська Н. А. До питання екологізації виробництва цукру [Електронний ресурс] [Гусятинська Н. А., Чорна Т. М., Бондар Л. М., Касян І. М.] Збірник наукових статей “ІІІ-го Всеукраїнського з’їзду екологів з міжнародною участю”. – Вінниця, 2011. – Том.2. – С.548–551. Режим доступу: <http://eco.com.ua/>
6. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 423 с.
7. Вода и сточные воды в пищевой промышленности: [пер. с польс.] / Я. Томчинская [и др.]. – М., 1972. – 383 с.
8. Корчик Н.М. Технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности Материалы IV междунар. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков, 2007. – С.251 – 254.
9. Штангеев К.О. Раціоналізація теплового господарства цукрових заводів: Навчальний посібник. – ІПДО НУХТ, 2006. – 86 с.

10. Оборотні системи охолоджувального водопостачання в бурякоцукровому виробництві та сучасні технології обробки оборотних вод: Навч. посібн. – К.: ІПДО НУХТ, 2009. – 60 с
11. Левандовський Л.В., Бублієнко Н.О., Семенова О.І. Природоохоронні технології та обладнання: Підручник. – К.: НУХТ, 2013. – 243с.
12. Плехова Е. Л. Кислотно–основные центры адсорбции поверхности пористых углеродных материалов из растительного сырья / Е. Л. Плехова, Ю. О. Лесишина, А. Ф. Дмитрук // Наукові праці ДонНТУ: хімія і хімічна технологія. – 2010. – № 14 (162). – С. 155–159.
13. Жилина М. В. Актуальность исследования процесса карбонизации для получения активированного угля с целью утилизации отходов растительного происхождения / М. В. Жилина, П. В. Карножицкий // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2012. – № 2. – С. 9–11.
14. Kadirvelu K. Utilization of various agricultural wastes for activated carbon preparation and application for removal of dyes and metal ions from aqueous solutions / K. Kadirvelu, M. Kavipriya,
15. C. Karthika et al. // Bioresource Technology. – 2003. – Vol. 87. – P. 129–132.
16. Ioannidou O. Agricultural residues as precursors for activated carbon production – a review /
17. O. Ioannidou, A. Zabaniotou // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2007. – Vol. 11. – P. 1966–2005.
18. Pragya P. Preparation and study of properties of activated carbon produced from agricultural and industrial waste shells / P. Pragya, S. Shipal, Y. Maheshkumar // Res. J. Chem. Sci. – 2013. – Vol. 3(12). – P. 12–15.
19. Regisser F. Randomly oriented graphite electrode. Part 1. Effect of

- electrochemical pretreatment on the electrochemical behavior and chemical composition of electrode / F. Regisser, M.–A. Lavoie,
20. G. Y. Champagne, D. Belanger // J. Electroanal. Chem. – 1996. – Vol. 415. – P. 47–54.
21. Остафійчук Б. К. Вплив хімічної обробки на властивості активованих вуглецевих матеріалів / Б. К. Остафійчук, І. М. Будзуляк, Б. І. Рачій та ін. // Physics and Chemistry of Solid State. – 2008. – **9**, № 3. – С. 609–612.
22. Leong T., Ashokkumar M., Kentish S. The fundamentals of power ultrasound – a review // Acoustics Australia. – 2011. – № 2. – P. 54–63.
23. Підсумки збору врожаю основних сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду у 2013 році: №24/0/06.1 вн–14: Державна служба статистики України, 2014.
24. Підсумки збору врожаю основних сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду у 2014 році: №8/0/06.1 вн–15: Державна служба статистики України, 2015.
25. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. [Електронний ресурс] : за даними Біоенергетичної асоціації України / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Желєзна // Аналітичні записки БАУ. – 2014. – 33 с. – Режим доступу: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ua.pdf>.
26. Kusters K. A. Energy Size Reduction Laws for Ultrasonic Grinding / K. A. Kusters, S. E. Pratsinis, S
27. G. Thoma and D.M. Smith // Powder technology. – 1994. – Vol. 80. – P. 253–263.
28. Фляте Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 648 с.
29. Химия древесины /Ред. Луис Э.Уайз и Эдвин С.Джан./пер.со 2-го америк.изд. М. – Л.: Гослесбумиздат, 1959.– 608 с.

30. Maddern K. N. Mill scale development of the DARS direct causticization process//Pulp and Paper Magazine of Canada.— 1986.— V. 87.
31. Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы. М. – Л.: Гослесбум–издат, 1963. – т.2. – 936 с.
32. Примаков С.Ф. Производства картона – М: Лесная промышленность, 1991, – 456 с.
33. Torgashov V.I ., Kaputskii F.N., Cleaning up sites contaminated with radioactive materials, Extended Abstracts of International Workshop. М., 2007. Р.
34. Сільське господарство України. Статистичний збірник 2015. Державна служба статистики України <http://www.ukrstat.gov.ua/>
35. Городов В.В. Испытание лубоволокнистых материалов: [учеб. пособ.] под ред. В.В. Городова, С.Е. Лазарева, И.Я. Луновой и др. – М.: Лёгкая индустрия, 1969. – 208 с.
36. Капуцкий, Ф. Н., Зубец, О. В., Герт, Е. В., Финк, Г. П., Джонс, Д. Л., Торгашов, В. И. // Химические волокна , 2006. – № 5. – 55 с.
37. Пазухіна Лесная промышленность, 1976. – 648 с.
38. Капуцкнй Ф.Н., Юркштовнч Т.Л.. Алиновская В.А. Вести АН БССР. Сер. 1989. – №3. – 31 с.
39. Капуцкий, Ф. Н., Герт, Е. В., Торгашов, В. И., Зубец, О. В. Химические волокна , 2005. – № 6. – 62 с.
40. Грант Ю. Лабораторный справочник по производству целлюлозы и бумаги Под ред. М.Н. Цыпкиной: Пер. с англ. М.: 1965. – 75 с.
41. Оболенская А.В., Щеголев В.П., Аким Г.Л . и др. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М.: 1965. – 68 с.
42. Лукин А.Л., Котов В.В., Мязин Н.Г. Свекловичный пектин: от поля до конечного продукта М.: Лёгкая индустрия, 1969. – 208 с.
43. Отходы переработки кукурузы как вторичный сырьевой ресурс

<http://waste.ua/cooperation/2011/theses/ovchinnikova.html>

44. Centeno T. A. The role of textural characteristics and oxygen-containing surface groups in the supercapacitor performances of activated carbons. T. A. Centeno, F. Stoeckli *Electrochimica Acta*. – 2006. – Vol. 52. – P. 560–566.
45. Nakamura M. Influence of physical properties of activated carbons on characteristics of electric double-layer capacitors M. Nakamura, M. Nakanishi, K. Yamamoto *J. Power Sources*. – 1996. – Vol. 60. – P. 225.
46. Папцов А.Г. Современные тенденции в экономике свеклосахарного производства США. – М.: ВНИИТЭИАгропром.– 1989. – № 1. – с. 15–22.
47. Islamgulov, D.R., Enikiev, R.I. Sowing and productivity of sugar beet in the Republik of Bashkortostan *Conduct of modern science* – 2014. Materials of the X international scientific and practical conference. Editor: Michael Wilson. – 2014. – С. 85–86.
48. Исламгулов, Д.Р. Продуктивность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при внесении азотного удобрения в различной дозе Д.Р. Исламгулов *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 4. – С. 35–39
49. Bell, J.F., Roberts, D.J. & Leach, K.A. (2000) The effect of feeding forage maize ensiled with sugar beet pulp (Pulp'n' Maize) to dairy cows. *Proceedings British Society of Animal Science Annual Meeting 2000*. Scarborough, p. 148.
50. Humphries, D.J., Sutton, J.D., Cockman, D.M., Witt, M.W. & Beever, D.E. (2003) Pressed sugar beet pulp as an alternative fibre source for lactating dairy cows. *Proceedings British Society of Animal Science Annual Meeting 2003*. York, p. 9

51. Hyslop, J.J. (2002) Voluntary feed intake, apparent digestibilities and nutritive values in ponies given ad libitum access to complete pelleted diets containing different levels of unmolassed sugar beet pulp. Proceedings British Society of Animal Science Annual Meeting 2002. York, p. 32
52. Kreuzer, M., Hanneken, H., Wittmann, M., Gerdemann, M.M. & Machmuller, A. (2002) Effects of different fibre sources and fat addition on cholesterol and cholesterol-related lipids in blood serum, bile and body tissues of growing pigs. Journal Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl) 86, 57–73.
53. Zervas, S. & Zijlstra, R.T. (2002) Effects of dietary protein and fermentable fibre on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. Journal of Animal Science 80, 3247–3256.
54. Edwards, S.A., Taylor, A.G. & Harland, J.I. (1991) The inclusion of sugar-beet pulp in diets for early-weaned piglets. Animal Production 52, 599–600.
55. Новые адсорбенты из растительных отходов для адсорбционной очистки растительных масел. КГПУ. Безденежных, Алексеева, Шалугин и др.